



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

EFFECTO DE TRES EMPAQUES DE POLIETILENO
EN LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL
FRIJOL, INFESTADO CON *Zabrotes subfasciatus* (BOH.)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

ERNESTO JAVIER PÉREZ NAVA

ASESORES: DR. ERNESTO MORENO MARTÍNEZ

DR. SERGIO JIMÉNEZ AMBRIZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

Efecto de tres empaques de Polietileno en la Conservación de la Calidad
del frijol, Infestado con Zabrotes subfasciatus(BOH).

que presenta el pasante: Ernesto Javier Pérez Nava
con número de cuenta: 9401604-8 para obtener el título de :
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de Abril de 2008.

PRESIDENTE	<u>Dr. Ernesto Moreno Martínez</u>	
VOCAL	<u>Dra. Susana Patricia Miranda Castro</u>	
SECRETARIO	<u>IA. Alfredo Alvarez Cárdenas</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>MC. María del Carmen Valderrama Bravo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MC. María Guadalupe Amaya León</u>	

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a mi familia por darme la oportunidad de llegar hasta donde estoy ahora y poder lograr cerrar este ciclo de mi vida profesional.

Gracias a todo el amor y educación que me han dado mis papas he logrado ser un excelente profesionista con ética y principios que me inculcaron desde niño.

Pues gracias a todo su esfuerzo y amor mi mama y mi papa son para mí un ejemplo de lucha y coraje para seguir adelante y siempre ser mejor cada día a pesar de las adversidades.

También agradezco a mis tías, tíos, primos, primas y a mi hermana que también me ha apoyado en todo lo que han podido para ser una mejor persona ya que con todo su cariño siempre me he esforzado por ser mejor pues mi familia es mi principal fortaleza.

Agradezco a mi abuelita Rosita a mi abuelito Lucio y a mi tía Isabel que ya no están conmigo pero que viven en mi corazón y en mi mente que fueron y son parte fundamental de lo que soy y sin su amor no estaría aquí.

También les doy las gracias a todas las profesoras y profesores Carolina, Josefina, Martha, Gabriela, Cristina, Ernesto, Sergio y Juan Carlos que estuvieron involucrados de una u otra manera en la elaboración de este trabajo ya que gracias a todos ellos logre acabarlo. Así como también un especial agradecimiento a Marco, Gustavo y Laurita por su ayuda desinteresada durante todo este tiempo y gracias por su amistad a todos ellos.

Gracias a todo mis amigos y compañeros de la universidad cada uno de ellos formaron parte de mi vida y me aportaron momentos que nunca olvidare en especial a Mary, Monse, Fabián, Cesar, Carlos y Martín cada uno de ellos fueron y serán importantes para siempre.

GRACIAS

CONTENIDO

	Página
INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
JUSTIFICACION	x
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	3
1.1 Generalidades del frijol.....	3
1.2 Taxonomía y morfología del frijol.....	4
1.2.1 Taxonomía.....	4
1.2.2 Morfología de la semilla de frijol.....	4
1.2.3 Partes de la semilla.....	4
1.3 Fisiología de la semilla.....	6
1.3.1 Desarrollo de la semilla	6
1.3.2 Modificaciones en el poder germinativo.....	7
1.4 Composición química del frijol.....	9
1.5 Importancia del grano de frijol.....	11
1.5.1 Importancia del frijol en el sector agropecuario nacional.....	11
1.6 Principales regiones productoras de frijol en México.....	13
1.7 Cadena producción – consumo de frijol.....	14
1.7.1 Consumo de frijol en el país.....	15
1.8 Agentes que causan el deterioro de los productos almacenados.....	16
1.9 Clasificación de pérdidas cuantitativas y cualitativas en la producción de granos de frijol.....	17

1.10	Perdidas poscosecha del grano de frijol causadas por insectos.....	18
1.11	Fuentes de infestación.....	19
1.12	Desarrollo de plagas en los almacenes.....	20
1.13	Control de plagas en productos almacenados.....	21
1.13.1	Medidas preventivas para controlar las plagas insectiles de almacén.....	21
1.14	Métodos de control de plagas.....	22
1.14.1	Control químico.....	22
1.14.2	Control biológico.....	24
1.14.3	Control mecánico.....	24
1.14.4	Control de plagas de frijol almacenado con otros métodos alternativos (Métodos empíricos).....	25
1.14.4.1	Plantas para el control del gorgojo.....	25
1.14.4.2	Control de gorgojo con ceniza.....	25
1.14.4.3	Control con chile.....	25
1.14.4.4	Control con aceite.....	25
1.14.4.5	Control de plagas a través de manejo integrado.....	26
1.15	Generalidades de insectos.....	26
1.15.1	Morfología de los insectos.....	27
1.15.2	Reproducción.....	27
1.15.3	Metamorfosis.....	27
1.15.4	Importancia de los insectos.....	29
1.15.5	Definición de plaga.....	30
1.15.6	Principales plagas de los granos almacenados.....	30
1.15.7	Características generales de insectos del orden de los coleópteros.....	32
1.15.7.1	Familia Bruchidae.....	32
1.15.8	Generalidades del gorgojo de frijol <i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOHEMAN.).....	33
1.15.8.1	Taxonomía <i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOHEMAN).....	33
1.15.9	Generalidades del gorgojo pinto del frijol <i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOHEMAN)	33
1.15.9.1	Biología de <i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOHEMAN).....	34
1.15.9.2	Ecología.....	34
1.15.9.3	Factores que influyen en la oviposición.....	35
1.15.9.4	Principales gorgojos de importancia en México.....	35
1.15.9.5	Pérdidas que ocasiona <i>Zabrotes subfasciatus</i> al grano en almacén	36

1.16	Características generales de los hongos.....	37
1.16.1	Generalidades de hongos en semillas y granos.....	37
1.16.2	Hongos de campo.....	38
1.16.3	Hongos de almacén.....	39
1.16.4	Daños por hongos en frijol.....	39
1.16.5	Algunos hongos importantes que se desarrollan después de la cosecha.....	40
1.16.6	Fuente de inóculo de los hongos de almacén.....	41
1.16.7	Factores que favorecen el desarrollo de los hongos de almacén.....	42
1.16.8	Daños causados por hongos en granos almacenados.....	43
1.17	Alternativa propuesta en este trabajo para disminuir el daño en granos de frijol variedad peruano que ocasiona la plaga <i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOHEMAN).....	44
1.17.1	Generalidades de bolsas de plástico para almacenar alimentos.....	45
1.17.2	Características de envases (PEBD) y (PEAD)	45
1.17.3	Usos generales de envases (PEBD) y (PEAD).....	46
1.17.4	Definiciones básicas de las principales clasificaciones de polietileno.....	46
1.17.5	Características de envases de polietileno.....	48
1.17.6	Almacenaje de granos.....	50
1.17.6.1	Almacenaje hermético.....	51
1.17.6.2	Almacenaje en bolsas plásticas.....	52
2.	OBJETIVOS.....	55
	Objetivo General.....	55
	Objetivos Particulares.....	55
	Hipótesis.....	55
3.	DESARROLLO METODOLOGICO.....	56
3.1	Cuadro Metodológico.....	56
3.2	Desarrollo del experimento.....	57
3.2.1	Descripción del cuadro metodológico.....	58
3.3	Materiales y Métodos.....	61
3.3.1	Material biológico de experimentación.....	61
3.3.2	Características generales de las dos bolsas propuestas y características de la bolsa de polietileno usada actualmente para almacenar frijol.....	61
3.3.3	Manejo inicial del lote de frijol.....	64
3.3.4	Determinación de contenido de humedad.....	64
3.3.5	Determinación de la germinación del frijol.....	65
3.3.6	Determinación de micobiota.....	66

3.3.7 (AQP) Análisis químico proximal de las semillas de frijol.....	66
3.3.8 Incremento de la población de <i>Z. subfasciatus</i> e infestación del lote de frijol que se almacenara dentro de los diferentes envases a probar.....	70
3.3.9 Determinaciones de O ₂ Y CO ₂	71
3.3.10 Revisión periódica de emergencia de insectos y de porcentaje de grano afectado.....	72
3.3.11 Determinación de tiempo de cocción.....	72
4. RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS.....	74
4.1 Contenido de oxígeno y de bióxido de carbono durante el almacenamiento del frijol en los tres tipos de envases probados en esta investigación.....	74
4.2 Evaluación del efecto del tipo de envase en la emergencia de <i>Zabrotes subfasciatus</i> durante el almacenamiento del frijol.....	80
4.3 Evaluación del daño por el ataque de <i>Zabrote subfasciatus</i> durante los 104 días de almacenamiento del frijol.....	84
4.4 Efecto del tipo de envase sobre el contenido de humedad del frijol durante su almacenamiento.....	90
4.5 Efecto del tipo de envase sobre el desarrollo de hongos en el frijol infestado con <i>Zabrotes subfasciatus</i> , durante 104 días de almacenamiento.....	92
4.6 Efecto del tipo de envase sobre la germinación del frijol variedad peruano durante su almacenamiento.....	95
4.7 Efecto del tipo de envase sobre el tiempo de cocción del frijol durante su almacenamiento.....	98
4.8 Evaluación del análisis químico proximal de las semillas de frijol variedad peruano.....	99
5. CONCLUSIONES.....	103
6. BIBLIOGRAFÍA.....	105

Índice de tablas.

No.		Pág.
1	COMPOSICION QUIMICA DEL FRIJOL EN 100 GR.....	9
2	PORCENTAJE DEL CONSUMO DE LAS PRINCIPALES CLASES COMERCIALES DE FRIJOL EN ALGUNAS REGIONES DEL PAIS Y DISTRITO FEDERAL.....	15
3	PÉRDIDAS CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS EN SEMILLAS DE FRIJOL.....	18
4	PRINCIPALES PLAGAS CAUSANTES DE DAÑOS EN LOS GRANOS.....	31
5	CONTENIDO DE BIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) DURANTE 104 DÍAS DE ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO INFESTADO CON EL INSECTO <i>Zabrotes subfasciatus</i>	77
6	CONTENIDO DE OXIGENO (O ₂) DURANTE 104 DÍAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO USADAS PARA ALMACENAR FRÍJOL VARIEDAD PERUANO, INFESTADO CON EL INSECTO <i>Zabrotes subfasciatus</i>	78
7	NUMERO DE INSECTOS EMERGIDOS DE <i>Zabrotes subfasciatus</i> EN TRES DIFERENTES TIPOS DE ENVASES DE POLIETILENO DURANTE 104 DIAS DE ALMACENAMIENTO	81
8	PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO DURANTE LOS 104 DÍAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO USADAS PARA ALMACENAR FRÍJOL VARIEDAD PERUANO, INFESTADO CON <i>Zabrotes subfasciatus</i>	86
9	PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO DESPUÉS DE LOS 104 DIAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	87
10	COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO DE FRÍJOL INFESTADO CON <i>Zabrotes subfasciatus</i> Y ALMACENADOS POR 104 DIAS.....	90
11	DETERMINACIÓN DE MICROBIOTA DEL FRIJOL AL INICIO Y AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	94
12	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DEL FRIJOL A LOS 104 DÍAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	96
13	TIEMPOS DE COCCIÓN EN GRANOS DE FRÍJOL VARIEDAD PERUANO, INFESTADO CON EL INSECTO <i>Zabrotes subfasciatus</i>	99
14	COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL (AQP) DE LOS FRIJOLES VARIEDAD PERUANO AL INICIO Y AL FINAL DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	100

Índice de figuras.

Número		Página
1	TIPOS DE SEMILLA.....	6
2	MORFOLOGIA DE UN INSECTO.....	27
3	A) METAMORFOSIS GRADUAL DE UN INSECTO B) METAMORFOSIS COMPLETA DE UN INSECTO	28
4	<i>ZABROTES SUBFASCIATUS</i> (BOHEMAN) HEMBRA.....	33
5	LARVA, PUPA, ADULTO Y DAÑO PRODUCIDO EN EL FRIJOL.....	34
6	VARIACION DE LA PERMEABILIDAD EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN BOLSAS DE POLIETILENO	48
7	VARIACION DE LA PERMEABILIDAD EN FUNCION DEL ESPESOR DE LA BOLSA DE POLIETILENO.....	49
8	PORCENTAJE DE FRIJOLES COCIDOS CONTRA TIEMPO DE COCCIÓN.....	73
9	COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE BIÓXIDO DE CARBONO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO.....	75
10	COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE OXIGENO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO.....	75
11	EMERGENCIA (PROMEDIO DE <i>ZABROTES SUBFASCIATUS</i> QUE EMERGIERON DURANTE LOS 104 DÍAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO.....	82
12	GRANO DAÑADO DURANTE LOS 104 DIAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO, USADAS PARA ALMACENAR FRIJOL VARIEDAD PERUANO INFESTADO CON EL INSECTO <i>Zabrotes subfasciatus</i>	85
13	COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE EMERGENCIA Y GRANO DAÑADO DENTRO DEL ENVASE PBD (POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD) DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL GRANO DE FRIJOL PERUANO DURANTE 104 DIAS.....	88
14	COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE EMERGENCIA Y GRANO DAÑADO DENTRO DEL ENVASE PCSN (PROPUESTA 1) DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL GRANO DE FRIJOL PERUANO DURANTE 104 DIAS....	89
15	COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE EMERGENCIA Y GRANO DAÑADO DENTRO DEL ENVASE 2150N (PROPUESTA 2) DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL GRANO DE FRIJOL PERUANO DURANTE 104 DIAS....	89
16	COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL FRIJOL DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO.....	90

17	COMPORTAMIENTO DE LA MICROBIOTA DEL FRIJOL ALMACENADO 104 DÍAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS	92
18	COMPORTAMIENTO DE LA GERMINACIÓN EN LOS FRIJOLES ALMACENADOS EN LOS TRES DIFERENTES TIPOS DE BOLSAS DE POLIETILENO DURANTE 104 DÍAS.....	97
19	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP) DE LOS FRIJOLES VARIEDAD PERUANO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN LOS TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	102

RESUMEN.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de dos envases de diferentes características al envase comercial utilizado actualmente, para proporcionar una mejor protección y conservación del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad peruano, contra el ataque del gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* Boheman, bajo condiciones de atmósfera normal y de vacío, con el fin de conocer si estas dos propuestas de envases tendrían un tipo de almacenamiento hermético.

Para llevar a cabo este experimento se procedió en primer lugar a infestar con los insectos un lote de 50 kg. de frijol peruano por un periodo de 5 días, al término de este tiempo se procedió a separar a los insectos del frijol ovipositado usando tamices. Inmediatamente se homogenizó todo el frijol y se realizó el embolsado del frijol en los tres diferentes tipos de envases de polietileno propuestos. En cada envase se colocaron 200 g del frijol ovipositado solamente, sin presencia de insectos adultos.

Ya embolsado el frijol en sus respectivas bolsas se procedió a sellarlas en el taller de cárnicos de Campo 4 en la máquina Multivac, a 750 milibar de vacío y otras bolsas se cerraron a condiciones de atmósfera normal. Las bolsas individuales se identificaron de la siguiente manera PBD (bolsa de polietileno de baja densidad), PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales), PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío), 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales) y 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) se almacenaron en una cámara a 28° C +/- 2 con 75 % de humedad relativa y un fotoperíodo de 18 horas luz y 6 oscuridad por 104 días de almacenamiento que fue lo que duró el experimento.

Durante este periodo de almacenamiento se realizaron 9 muestreos por triplicado para las determinaciones de contenido de oxígeno y bióxido de carbono dentro de los envases y contenido de humedad de los granos de frijol, para las determinaciones de emergencia y grano dañado se realizaron 13 muestreos por triplicado. Las determinaciones de micobiota, análisis químico proximal, tiempo de cocción y germinación solo se realizaron al inicio y al final del experimento.

En base a los resultados de las determinaciones que se realizaron al principio, durante y al final de la experimentación se pudo observar y evaluar el efecto de los tres empaques de polietileno, en la conservación de la calidad del frijol infestado con el insecto *Z. subfasciatus*. El consumo de oxígeno y la producción de bióxido de carbono son los principales factores que definen la efectividad de los sistemas de almacenamiento hermético utilizados. Por lo tanto los resultados de contenido de oxígeno y bióxido de carbono para los envases PCSV y 2150V cerrados al vacío resultaron ser los que presentaron un excelente sistema de almacenamiento tipo hermético y en segundo lugar están los envases PCSN y 2150N cerrados a condiciones normales, sobre todo el envase PCSN que es el que presenta de estos dos, un almacenamiento mas parecido a uno hermético durante el periodo de almacenamiento.

El envase PBD (polietileno de baja densidad) fue es el menos recomendado para provocar la inhibición del desarrollo de insectos, por consecuente no evito el daño provocado por esta plaga.

Por lo tanto se concluye que el envase PCSN (no cerrado al vacío) presentó buenos resultados en cuanto a los parámetros evaluados, siendo esta la mejor propuesta para almacenar e inhibir el ataque de los insectos, durante un periodo de 104 días de almacenamiento bajo estas condiciones de temperatura $28^{\circ} \text{C} \pm 2$ y humedad relativa de 75 %. Sin olvidar que este mismo envase tendría todavía mejores resultados cerrado al vacío pero esto no seria muy viable ya que representaría un costo adicional a la industria o comerciantes y por lo tanto al precio final de los granos de frijol para el consumidor, se tendría que buscar alguna manera de abaratar ese costo adicional.

JUSTIFICACION

Durante el almacenamiento, los granos de leguminosas son particularmente dañados por insectos de la Familia Bruchidae quienes pueden consumir más del 50 % de peso de la semilla.

De estas leguminosas, el frijol es el de mayor consumo en México y parte de Latinoamérica además es un componente fundamental en la alimentación diaria de la población.

De los brúquidos que afectan este grano destaca por su importancia económica en regiones cálidas y semicálidas del país el gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* siendo una de las principales plagas de insectos.

Después de la cosecha pueden causar pérdidas considerables, así como la acción nociva y deteriorativa que puede propiciar la invasión de otros microorganismos que en conjunto alteren la calidad de consumo y el valor en la comercialización.

Por lo tanto la finalidad de este trabajo es estudiar el efecto de 2 envases de diferentes características al envase de polietileno utilizado actualmente para vender frijol, esperando provocar la inhibición del desarrollo del insecto y por consecuente evitar cualquier daño provocado por este, al crear dentro de los envases condiciones favorables para una mejor conservación

INTRODUCCION

Las leguminosas son una fuente rica y económica de proteínas y de calorías para gran parte de la población en los países en vías de desarrollo.⁴⁰ El frijol ocupa un lugar importante entre las leguminosas de mayor producción y consumo en África, India y América Latina.^{14, 42,49}

Debido a su elevado consumo, el frijol es el segundo grano básico en la dieta de la mayor parte de la población nacional, después del maíz. Esta leguminosa, perteneciente a la familia de las Papilionaceae, es muy apreciada en la actividad agrícola por el empleo de sus granos en la alimentación animal y humana. En México se consumen anualmente alrededor de 1, 600, 000 toneladas de diversos tipos de frijol, de las cuales entre 400 y 600 mil son importadas, principalmente de los Estados Unidos.⁶²

Este grano está expuesto a daños debido a condiciones medioambientales propias de nuestro territorio, así como por el ataque de insectos y hongos que propician los inadecuados sistemas de almacenamiento. Todo lo anterior provoca la pérdida del 30% del total del grano almacenado así como pérdidas cuantitativas y cualitativas y que debido a daños mecánicos, pueden también deteriorarlas en su valor nutricional.⁶²

El ataque por determinados escarabajos de la familia de los brúquidos antes a la recolección, puede dar por resultado serias mermas durante el almacenamiento, ya que estas plagas siguen su desarrollo dentro de la leguminosa después de la recolección. Los daños causados por estos insectos pueden hacer también que los granos sean más susceptibles al ataque por hongos.⁶²

Comúnmente la infestación por insectos es la causa más seria de pérdidas poscosecha. Las plagas de insectos pueden eliminarse por medio de fumigación si se lleva a cabo en debida forma, pero la reinfestación será probable si no se realiza una higiene estricta del almacén.³¹

Las dos especies de insectos que mayor daño causan al frijol almacenado son, el gorgojo común *Acanthoscelides obtectus* (Say), y el gorgojo mexicano *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). Este último se distribuye principalmente en las zonas tropicales de México y se considera

como plaga primaria por el tipo de daño que ocasiona al grano en el almacén; se ha estimado que entre estas dos especies causan pérdidas que varían entre 10 y 20% del frijol en México. Estas plagas se han combatido principalmente con insecticidas, los cuales no siempre dan resultados satisfactorios y en cambio presentan problemas secundarios, como la disminución del poder germinativo de la semilla, y la intoxicación de humanos, ya que generalmente los campesinos desconocen como seleccionar y aplicar el insecticida que no perjudique su salud.⁵²

La preservación y conservación de las cosechas representa hoy en día una cuestión vital, toda la reserva que se destina a la alimentación del agricultor y su familia debe ser cuidadosamente beneficiada y conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo, ni se sufran mermas. El frijol es uno de los granos más importantes para la alimentación de la población mexicana, así como para muchos otros países en desarrollo. En estos países el frijol es producido principalmente en pequeñas superficies, los campesinos conservan parte de la cosecha para su consumo, vendiendo eventualmente los excedentes a la población urbana. En consecuencia, la preservación de la calidad del grano a nivel de pequeños productores, es de gran importancia. Esta preservación es una cuestión difícil, particularmente en aquellas áreas tropicales donde la tecnología del secado y almacenaje son deficientes o inexistentes. Bajo esas condiciones, los insectos del grano almacenado y los hongos causan severas pérdidas de calidad y cantidad que tienen graves implicaciones para la disponibilidad de alimento.^{51,29}

Es por ende imperativo desarrollar métodos alternativos para controlar insectos en granos almacenados, métodos que sean económicamente viables y ecológicamente orientados. El almacenamiento hermético puede ser uno de éstos. Este sistema de almacenamiento esta basado en el agotamiento del oxígeno o una disminución hasta el 3% dentro de este envase; así como la producción de bióxido de carbono en el interior de este, creándose así una atmósfera letal para cualquier plaga que pudiese estar presente entre o dentro de los alimentos que se almacenarán.

Considerando lo antes señalado, esta investigación se realizó con el fin de encontrar un control eficiente y económico de la plaga primaria de *Zabrotes subfaciatus* y así conservar de manera optima la calidad nutritiva del frijol; siendo esta una alternativa para la no aplicación de plaguicidas.

1. ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES DEL FRIJOL

El nombre de la planta designa también a la semilla conocida en distintos países de habla hispana por el nombre de frijol, judía, poroto, caraota, habichuela y otros. La semilla es un alimento muy apreciado por su elevado contenido proteínico. En Latinoamérica constituye uno de los alimentos básicos y es apreciado por todos los grupos sociales, formando parte de numerosos platos típicos de gran consumo.¹²

El frijol forma parte de la familia de las leguminosas que son granos formados por dos cotiledones. Esta familia está constituida por unos 600 géneros de donde se derivan más de 1,300 especies, pero sólo más de 20 de los géneros son de interés comercial y de importancia económica, y se consumen como alimento ya sea en forma madura o como grano seco.⁸³

El frijol es originario de México y existen múltiples variedades de frijol que se caracterizan por su tamaño, por su forma, por el color de su semilla y por su tipo de crecimiento. En México existen cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en 7 grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados.⁸²

En Centroamérica se consumen principalmente una gama muy variada de frijoles pertenecientes a la especie de *Phaseolus vulgaris* L, otros en menor grado de *Phaseolus aureas*, *Phaseolus lunatus*, *Leus esculenta*, entre otros.⁸³

El frijol se ha cultivado desde hace 8000 años y forma parte de los cuatro productos agrícolas (maíz, frijol, calabaza y chile), los cuales constituyeron la columna vertebral de la alimentación de los pueblos mesoamericanos. Nuestro país es considerado como uno de los centros de origen de diversos tipos de frijol siendo el principal el *Phaseolus vulgaris*.⁶⁶

Esta leguminosa combinada con el maíz, brinda beneficios para el organismo porque al consumir ambos se obtiene una proteína de alta calidad, comparable a la que aporta la carne, el huevo o la leche, con la ventaja adicional de que tiene menor proporción de grasa saturada y no contiene colesterol.⁴⁶

Casi todas las variedades cultivadas en Europa, Estados Unidos y en México son especies y variedades del género *Phaseolus*. Este género comprende un amplio número de especies que incluyen hierbas anuales, perennes, erectas y volubles.⁶⁴

El frijol es cultivado principalmente con el fin de cosechar grano seco, el cual contiene un 24% de proteína y en menor proporción para la producción en vaina, es decir, frijol ejotero, el cual puede consumirse fresco, enlatado o congelado.⁶⁴

1.2 TAXONOMIA Y MORFOLOGIA DEL FRIJOL

1.2.1 TAXONOMIA

-Orden: Leguminosas

-Familia: Papilionaceae

-Genero: *Phaseolus*

-Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

* Taxonomía asignada por Linneo.

1.2.2 MORFOLOGIA DE LA SEMILLA DE FRIJOL

Los elementos básicos de la estructura de una semilla son: tegumentos, embrión y tejido de reserva, los cuales constituyen el esporofito joven parcialmente desarrollado. En las semillas de algunas plantas el tejido nuclear persiste y puede originar el perispermo. Luego de la fertilización del óvulo, crecen los llamados arilos que se desarrollan sobre la superficie de las semillas de ciertas plantas. Cuando el crecimiento ocurre sobre el funículo (Acacia) origina los llamados estrofiolos y cuando ocurre alrededor del micrópilo se llaman carúnculas. Los arilos son formas de adaptación que facilitan la dispersión de las semillas.⁶⁵

1.2.3 PARTES DE LA SEMILLA

El epispermo: es una cubierta seminal; en algunas semillas está constituido por la testa o cubierta seminal externa, que puede ser considerada pétreas, coriáceas, membranosa o carnosa. En la testa se puede reconocer: el hilo o cicatriz que señala el punto de intersección

de la semilla al funículo, a través del hilo el agua penetra con facilidad; el micrópilo u orificio por el cual penetra el tubo polínico al rudimento seminal; el rafe, sutura que se origina del contacto estrecho del rudimento seminal anátropo con el funículo. Las excrecencias de la testa son: el arilo que se origina en el hilo y la carúncula, estructura de consistencia esponjosa y de origen micropilar.⁶⁵

La endopleura: es la cubierta seminal interna, es delgada y generalmente blanquecina. Los tegumentos, testas o cubiertas protectoras delimitan la semilla. Están constituidos por una o varias hileras de células originadas de integumentos ovulares y a veces por pericarpio que se origina a partir de las paredes del ovario.⁶⁵

Hay grandes diferencias histológicas en la estructura de la testa de las diferentes plantas. Hay un espacio de aire presente entre la cubierta membranosa y el embrión indiferenciado. Las semillas de ciertos géneros de leguminosas están cubiertas por una cutícula gruesa.⁶⁵

Las funciones de la cubierta externa de las semillas son:

- Mantener unidas las partes internas de la semilla.
- Proteger las partes internas contra el choque y la abrasión.
- Servir como barrera contra la entrada de microorganismos a la semilla.
- Regular la velocidad de rehidratación de la semilla.
- Normalizar el intercambio gaseoso.
- Inhibir la germinación, causando dormancia.

El embrión o eje embrionario: tiene función reproductiva, siendo capaz de iniciar divisiones celulares y crecer. Es la parte vital de la semilla. Es un eje porque inicia el crecimiento en dos direcciones con el fin de originar la raíz y el vástago. El eje embrionario es generalmente pequeño, en comparación con otras partes de la semilla. El embrión es la planta en miniatura. Está constituido por radícula, plúmula, uno o dos cotiledones, hipocótilo y epicótilo.⁶⁵

Tejido de reserva: a partir del tejido de este se obtienen las sustancias orgánicas que son fuente de energía para la elaboración de nuevas paredes celulares, citoplasma y núcleos, desde que se inicia la germinación hasta que la planta se torna autotrófica, es decir es capaz de sintetizar materia orgánica mediante el proceso de fotosíntesis.

Las reservas de la semilla pueden localizarse en los cotiledones, en el endospermo o en el perispermo. Los cotiledones se originan del cigoto y hacen parte del embrión. En muchas especies el embrión se desarrolla absorbiendo todo el endospermo y acumulando sustancias de reserva en los cotiledones; en estos casos, los cotiledones se presentan voluminosos.⁶⁵ El endospermo nutre al embrión durante su desarrollo y puede ser completamente absorbido. Las semillas maduras que poseen endospermo se llaman albuminosas (Figura. 1).

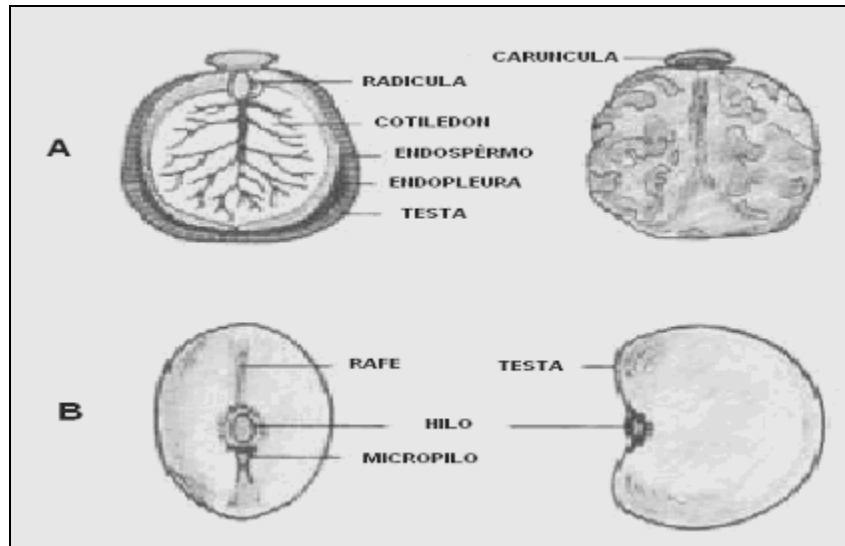


Figura 1. Tipos de semilla: (A) Semilla con endospermo (Higuerilla), (B) Semilla sin endospermo (Frijol). (Tomado de Orozco et al, 1990)

1.3 FISIOLÓGÍA DE LA SEMILLA

1.3.1 DESARROLLO DE LA SEMILLA

La maduración de la semilla comprende una serie de transformaciones morfológicas, fisiológicas y funcionales que suceden en el óvulo fertilizado y culminan en el punto en que la semilla alcanza el máximo peso de materia seca; en este punto la semilla obtiene también su máximo poder germinativo o máximo vigor, siendo por esto denominado punto de madurez fisiológica.

La humedad del óvulo por efecto de la fertilización es de cerca del 80%, luego de la fertilización la humedad aumenta por algunos días para decrecer progresivamente a medida que la semilla se desarrolla, hasta entrar en equilibrio con el ambiente entre un 14 y un 20% de humedad.⁸

El tamaño de la semilla aumenta gradualmente desde la fertilización hasta un máximo cuando la humedad relativa es alta. Luego de alcanzado el máximo tamaño, las semillas disminuyen en talla por la pérdida de humedad. A medida que la semilla se desarrolla, aumenta su peso tanto de la materia fresca como seca hasta un máximo, luego ambos sufren una declinación, siendo más acentuada la primera.⁸

1.3.2 MODIFICACIONES EN EL PODER GERMINATIVO

El poder germinativo es la capacidad del embrión para poder reiniciar el crecimiento y dar origen a una plántula, cuando las condiciones ambientales son favorables. Algunas semillas adquieren el poder germinativo pocos días después de la fertilización. El período que va desde la germinación hasta la adquisición del poder germinativo varía con la especie.⁸

a) Germinación

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en humedad y actividad respiratoria de la semilla. El embrión envuelto por la cubierta protectora constituida por varias capas de tejidos vivos y muertos posee reservas alimenticias suficientes para atender el aumento en la actividad metabólica.⁸

Desde el punto de vista fisiológico la germinación comprende cuatro fases:

- Elongación celular
- Inbibición de agua
- División celular
- Diferenciación de células y tejidos

Desde el punto de vista fisio-bioquímico se consideran las siguientes fases del proceso germinativo:

- Rehidratación
- Aumento de respiración
- Formación de enzimas
- Digestión enzimática de reservas

-
- Movilización y transporte de reservas
 - Asimilación metabólica
 - Crecimiento y diferenciación de tejidos

Para que la germinación ocurra, determinadas condiciones deben satisfacerse, a saber:

- La semilla debe ser viable.
- Las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables: (agua, temperatura, oxígeno y luz).
- Las condiciones de la semilla deben ser favorables para la germinación (libre de dormancia).
- Las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias (ausencia de agentes patógenos).

b) Factores que afectan la germinación

La primera condición para que la germinación ocurra, siendo la semilla viable y sin dormancia, es la disponibilidad de agua para la rehidratación. El aumento en la actividad respiratoria de la semilla a un nivel capaz de sustentar el crecimiento del embrión depende del aumento en el grado de hidratación de los tejidos. La rehidratación o imbibición es un tipo de difusión que ocurre cuando las semillas absorben agua debido a sus propiedades coloidales; se caracteriza por aumento en el volumen de la semilla, liberación de calor, además el volumen final es menor que la suma de los volúmenes originales del agua y de la semilla.⁸

Las distintas partes de la semilla absorben agua a diferentes velocidades. El tegumento absorbe a una velocidad menor que otras estructuras de la semilla y desempeña la función de transportador de agua del medio ambiente al interior de la semilla. El eje embrionario absorbe agua más rápidamente y de forma continua. La velocidad de imbibición de agua varía con la especie, permeabilidad del tegumento, disponibilidad de agua, temperatura, presión hidrostática, área de contacto semilla-agua, fuerzas intermoleculares, composición química y condición fisiológica.⁸

La germinación de las semillas es un proceso complejo que comprende diversas fases, las cuales son afectadas individualmente por la temperatura. Así, los efectos de la temperatura

sobre la germinación reflejan apenas una consecuencia global. Se pueden identificar tres puntos críticos de temperatura que afectan la germinación: temperatura mínima, aquella por debajo de la cual la germinación no es visible por un tiempo razonable. Temperatura máxima, por encima de la cual no hay germinación. Temperatura óptima, aquella a la cual germina el mayor número de semillas en un período de tiempo mínimo. Los efectos de la temperatura sobre la germinación pueden ser profusamente influenciados por la condición fisiológica de la semilla. El proceso germinativo requiere de un suplemento de energía originado a partir de las reacciones oxidativas que dependen de la presencia de oxígeno. La mayoría de las especies necesitan aireación y presencia de oxígeno para germinar. Las semillas de las plantas cultivadas germinan generalmente tanto en luz como en oscuridad. La exigencia de luz para germinar en determinadas especies está relacionada con un tipo de dormancia.⁸

1.4 COMPOSICION QUIMICA DEL FRIJOL

El frijol es una rica fuente de proteínas e hidratos de carbono, además de ser una buena fuente de vitamina del complejo B como son la niacina, la riboflavina, el ácido fólico y la tiamina. Igualmente proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio y tiene un alto contenido en fibra, también es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados como se ve en la tabla 1.^{1, 82}

TABLA (1). COMPOSICION QUIMICA DEL FRIJOL EN 100 GR

COMPONENTE	%
Proteínas	22.6
Lípidos	1.5
Carbohidratos	57.6
Fibra	4.2
Minerales	3.7
Humedad	10.4

(Aduke, 1981)

a) Carbohidratos

Los carbohidratos, en mayor proporción (65 a 70 % en promedio) es almidón también contienen celulosa y hemicelulosa en un 15 a 20 % en promedio, localizados en la capa

periférica. Los azúcares, la mayor proporción está formada por rafinosa y estaquinososa y se conocen como factores de flatulencia, debido a que el organismo humano no asimila y son metabolizadas por la flora intestinal produciendo grandes cantidades de gases, como CO₂, hidrógeno y metano en diferentes partes del tracto intestinal, además de otras sustancias volátiles malolientes como amoníaco y aminas. El remojo de los frijoles previo a su cocción reduce gradualmente estos problemas de flatulencia y aumentan la digestibilidad del grano.⁸³

b) Lípidos

El contenido de lípidos es muy bajo en las leguminosas y sólo en el caso del frijol soya y el cacahuete los niveles son elevados, siendo el primero usado a gran escala para la obtención de aceite a nivel industrial, más que para consumo como grano. Los glóbulos de grasa se encuentran insertos entre la red que forman las proteínas y los carbohidratos en cada cotiledón, encontrándose principalmente triglicéridos. Entre los ácidos grasos libres se ha identificado: ácido láurico, palmítico, esteroico, siendo el palmítico el que más se encuentra.⁸³

c) Vitaminas y minerales

En general las leguminosas son buenas fuentes de vitaminas del grupo B disponibles en ellas. En cuanto a los minerales son ricos en calcio, hierro y fósforo, su asimilación depende de la acción del ácido fítico, que por su acción inhibitoria reduce un alto porcentaje de su asimilación.⁸³

d) Proteínas

Las leguminosas representan la fuente por excelencia de proteínas en nuestro país, sin embargo, son deficientes en algunos aminoácidos esenciales aunque son mejor fuente que los cereales, en lisina y triptofano. Por lo que la ingesta se ve favorecida mejorando la calidad nutritiva cuando se combina el consumo de las leguminosas con los cereales.⁸³

El valor biológico de las proteínas es bajo por su baja digestibilidad. Esto ocurre por la existencia de factores tóxicos en las leguminosas tales como los inhibidores de tripsina hemaglutininas, ácido fítico, etc. La mayoría de estos factores son termolábiles, lo que reduce su actividad y favorece su consumo con tratamientos térmicos previos a la ingesta del fríjol, aumentando la calidad de las proteínas.⁴

1.5 IMPORTANCIA DEL GRANO DE FRIJOL

En los países en desarrollo hay una deficiencia crónica de proteínas en la dieta. Las leguminosas son buenas candidatas para mejorar esta condición por su bajo costo y por ser de dos a tres veces más ricas en proteínas que los granos de cereales.⁴⁷

Entre las leguminosas cultivadas se encuentran diversas variedades de importancia económica por ejemplo soya, frijol, haba, lenteja, etc que son producidas en todos los continentes del mundo.

En México, el cultivo de frijol, ocupa el tercer lugar en superficie cosechada, después del maíz y el sorgo.⁴⁵ El patrón de consumo depende de la disponibilidad del producto en cada región y en Sudamérica, tanto como en Centroamérica y en México, el frijol *Phaseolus vulgaris* es el más consumido en una amplia variedad de formas.

1.5.1 IMPORTANCIA DEL FRIJOL EN EL SECTOR AGROPECUARIO NACIONAL.

En México, el cultivo del frijol junto con el maíz, representa toda una tradición productiva y de consumo, cumpliendo diversas funciones de carácter alimentario y socioeconómico que le han permitido trascender hasta la actualidad. Su presencia a lo largo de la historia de México, lo han convertido no sólo en un alimento tradicional, sino también en un aspecto de identificación cultural, comparable con otros productos como el maíz y el chile, los que son básicos para explicar la dieta alimentaria de ayer, hoy y muy probablemente del futuro.⁴⁴

Se trata de uno de los cultivos de mayor importancia en el país ya que representa para la economía de los productores una fuente importante de ocupación e ingreso, a la vez que es una garantía de seguridad alimentaria. El 68 por ciento de su producción se destina en forma directa al consumo final, representando una de las principales fuentes de proteína para amplias capas de la población mexicana. Asimismo, su consumo es generalizado entre amplias capas de la población de ingresos bajos, medios y hasta superiores. Por esto, la importancia de este grano en la dieta actual del país sigue siendo fundamental.⁴⁴

El frijol, producto agrícola tradicional de América, es para México uno de sus principales elementos nutricionales y por eso su producción alcanza un 8.3 por ciento de las cosechas mundiales, pero se ha visto disminuida en los últimos años a raíz de problemas climáticos. El frijol se cultiva en todas las regiones del país bajo todas las condiciones de suelo y clima. A nivel nacional existen alrededor de 500 mil productores de los cuales se estima que el 75 por ciento destinan una parte de sus cosechas al autoconsumo y el resto a la comercialización. De esta forma, existe un sector poblacional campesino constituido por pequeños propietarios, ejidatarios, comuneros y colonos que siembran frijol y también maíz para su subsistencia.⁴⁴

Después del maíz, el frijol ocupa el segundo lugar en importancia dentro de la superficie de los diez cultivos principales del país. La cosecha de frijol, depende de manera predominante de los volúmenes que se obtienen en la superficie de temporal y cubren aproximadamente tres cuartas partes del total de la oferta nacional de este producto. La principal limitante en su producción, lo constituye sin duda la escasa disponibilidad de agua, fenómeno que se agudiza en regiones con bajo régimen pluvial como Zacatecas, Durango y Chihuahua, cuyos volúmenes anuales fluctúan entre 400 y 450 mm.⁴⁴

La producción de frijol es representativa de la variedad de formas productivas que caracterizan al campo de México, ya que en ella coexiste la agricultura comercial, de transición y de subsistencia. La producción temporalera de frijol actualmente se encuentra en crisis, que se caracteriza por factores socioeconómicos y geoclimáticos que la circunscribe. Para los agricultores de frijol, la industria tiene características que la constituyen como una posible forma de manejar sus condiciones productivas, ya que les puede garantizar la colocación del grano y estimular mejores prácticas agronómicas y de manejo.

La agroindustria más importante es la envasadora, que puede constituir un mecanismo para agilizar las transacciones comerciales y regular el mercado. A nivel mundial, nuestro país se encuentra entre los cinco principales productores de frijol conjuntamente con la India, Brasil, China y los Estados Unidos de América, países que en conjunto aportan el 63.3 por ciento de la producción mundial. México contribuye en la década, con el 7.0 por ciento en promedio de las cosechas mundiales.⁴⁴

a) Distribución mundial

Se tienen 180 especies del género *Phaseolus*, de los cuales aproximadamente 126 provienen del continente Americano, 54 del Sur de Asia y Oriente de África, 2 de Australia y tan solo 1 de Europa. En Latinoamérica constituye uno de los alimentos básicos y son apreciados por todos los grupos sociales, formando parte de numerosos platos típicos de gran consumo.⁶⁴

b) Distribución nacional

En México, el frijol como cultivo básico ocupa el segundo lugar de importancia después del maíz. Las principales zonas productoras de frijol son Zacatecas, Durango, Chihuahua, pero en general en la mayoría de los estados se produce frijol, aunque en pequeñas cantidades. Se siembran alrededor de 2 millones de hectáreas anuales. Registrando un total de 1,971,620 hectáreas en 1999, obteniendo como producción nacional 599,329 toneladas y un rendimiento promedio de 0.303 ton/ha. Y un consumo anual per cápita de aproximadamente 18 Kg.⁶⁴

En el estado de Guanajuato y Querétaro se siembran anualmente cerca de 150,000 hectáreas de frijol, teniendo como último dato en el 2004 en Guanajuato 120,335 ha. y en Querétaro 26,296 ha, de las cuales se obtuvo un rendimiento promedio de 0.215 ton/ha, estos rendimientos son bajos debido a que la mayoría de la superficie sembrada en estas dos zonas, es de temporal (frijol solo o asociado con maíz). El consumo anual de frijol en la entidad es de 23 kg. per cápita.⁶⁴

1.6 PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DE FRIJOL EN MEXICO

El frijol prácticamente se produce en todos los Estados de la República Mexicana; destacando las regiones templada-semiárida y la cálida con invierno seco, tanto por la superficie sembrada como por el volumen de producción. La región templada-semiárida comprende los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Guanajuato, en donde se siembra la mayor superficie del cultivo en el país, aportando el 68 por ciento en el ciclo primavera-verano. Una de las principales limitantes para la producción en esta región, es la escasa y variable distribución de la precipitación pluvial durante el ciclo vegetativo del cultivo. Los efectos de sequía son acentuados por el tipo de suelos predominantes, los que son poco

profundos, con bajo contenido de materia orgánica y baja capacidad de retención de humedad.

En Chihuahua los municipios que destacan en la producción de frijol son el de Cuauhtémoc y Madera, en tanto que en Durango, lo es el de Guadalupe Victoria, mientras que en Zacatecas son el de Ojo Caliente, Fresnillo y Río Grande. En la Región Cálida con Invierno Seco, se produce frijol bajo condiciones de riego y humedad residual. Los principales estados productores son Sinaloa y Nayarit, que aportan en conjunto el 76 por ciento de la producción nacional del ciclo otoño-invierno; las zonas más productivas se localizan en los Municipios de Culiacán, Guasave y los Mochis en Sinaloa, en Nayarit, el Municipio de Acaponeta.⁴⁴

El tipo de frijol que más se produce en todo el bajío de México es Flor de Mayo que es el de mayor preferencia por los consumidores de la región, aunque se está teniendo un impacto grande por nuevas variedades como canario, azufrados, bayo, negro y algunas variedades mejoradas como: Pinto mestizo, negro altiplano, flor de mayo sol, flor de mayo bajío, flor de junio Marcela, negro 150, bayo INIFAP, negro 8025, flor de durazno.⁶⁴

1.7 CADENA PRODUCCION – CONSUMO DE FRIJOL

La producción de frijol está orientada a satisfacer la demanda de la población, debido a que el consumo de esta leguminosa ocupa un lugar importante dentro de su dieta, por ser uno de los cultivos con más proteínas de origen vegetal, alimento básico de los estratos sociales de menores ingresos de la ciudad y el campo.

Del total destinado al consumo de la población, aproximadamente el 14.6 por ciento de la producción obtenida en el ciclo primavera-verano es para autoconsumo, el 25 por ciento es envasado en bolsas de plástico para ser comercializado, el 2 por ciento de este grano sufre algún proceso de transformación industrial, de donde se obtiene harinas, frijoles cocidos embolsados, enlatados, deshidratados o combinados con otros productos y el restante 59 por ciento se destina al consumo directo final. El frijol es un producto de consumo nacional, sin embargo existen importantes diferencias en el ámbito regional, debido a los hábitos y costumbres culinarias que manifiestan sus distintos consumidores, al preferir determinada

clase comercial que exista en el mercado, la cual estará influenciada por el nivel de su ingreso.⁴⁴

1.7.1 CONSUMO DE FRIJOL EN EL PAIS

Las variedades claras se consumen principalmente en las regiones del norte y noroeste del país, como la mayocoba, flor de mayo, peruano, pinto y bayo; en las regiones del centro de la república, se consumen todas las variedades de frijol que existen en el mercado, debido a lo cual existe una gran heterogeneidad de ellas y en las regiones del sur y sureste del país las variedades negras tienen una mayor aceptación en el gusto de sus habitantes (Tabla 2).

Tabla 2. PORCENTAJE DEL CONSUMO DE LAS PRINCIPALES CLASES COMERCIALES DE FRIJOL EN ALGUNAS REGIONES DEL PAIS Y DISTRITO FEDERAL.

PRESENTACION COMERCIAL	REGION (%)				
	NOROESTE	NORESTE	CENTRO	SUR	D.F.
AZUFRADO	5.4	97.5	13.7	2.1	9.5
BAYO	25.3	0.8	9.5	5.7	10.1
FLOR DE JUNIO	0.0	0.0	21.0	0.0	6.8
FLOR DE MAYO	11.3	0.0	33.6	0.0	12.0
NEGRO	0.5	0.0	11.0	90.0	44.6
PINTO	44.8	0.4	1.9	0.0	2.7
OTRAS	12.7	1.3	9.3	2.2	14.3
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria, SAGAR, con datos de la encuesta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

En el ámbito nacional, el frijol negro tiene la mayor demanda, con un consumo aproximado a las 449 mil ton., le sigue en orden de importancia, el flor de mayo y el azufrado con consumos anuales aproximados a las 250 mil toneladas. Las principales entidades consumidoras de frijol son: Estado de México, Distrito Federal, Jalisco, Nuevo León, Veracruz, Puebla, Guanajuato y Michoacán, que consumen el 51 por ciento de la producción total.⁴⁴

1.8 AGENTES QUE CAUSAN EL DETERIORO DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS

Los principales agentes que causan el deterioro de los productos almacenados son:

- microorganismos (hongos, bacterias y levaduras)
- insectos y ácaros
- roedores
- pájaros
- actividad metabólica
- Temperatura y Humedad

a) Hongos: es el tipo más importante de microorganismos que causan o favorecen el deterioro. Los hongos no tienen clorofila y son por tanto incapaces de fabricar su propio alimento mediante fotosíntesis. En consecuencia, viven como parásitos de otros organismos vivos ó como saprófitos de organismos vivos inactivos o de cuerpos muertos. Los hongos parásitos pueden causar enfermedades en el organismo hospedero, mientras que los saprófitos degradan o destruyen el cuerpo del que se alimentan.²⁸

b) Bacterias: generalmente no constituyen un problema por lo que respecta a los productos duraderos almacenados en seco. Pueden, sin embargo, invadir y multiplicarse en partes ya deterioradas del producto de cultivo durante el almacenamiento.²⁸

c) Insectos: en los productos de cultivos se encuentran muchas especies de insectos, pero son sólo unas cuantas las que producen deterioros y pérdidas. Algunas pueden ser incluso beneficiosas porque atacan a otras plagas de insectos. Es importante poder identificar exactamente las principales especies de insectos para evaluar sus efectos en el producto almacenado y establecer las medidas de control necesarias.²⁸

d) Roedores: no suelen vivir en almacenes de granos porque necesitan agua para beber. Aunque pueden subsistir sin mucha agua, el clima en el almacén es demasiado seco para poder multiplicarse rápidamente, a menos que puedan abandonar el almacén para abastecerse de agua y volver luego. Los roedores consumen granos y estropean los sacos y las estructuras del edificio, y contaminan con orina y excrementos cantidades mucho mayores que las que consumen. Pueden ser controlados mediante venenos y trampas impidiendo su acceso a los productos almacenados.²⁸

e) Pájaros: como los roedores, los pájaros consumen parte del grano, pero también contaminan una mayor cantidad con sus excrementos. Las pérdidas debidas a los pájaros se evitan impidiendo su acceso a los productos.²⁸

f) Actividad metabólica: los granos y semillas son materias vivas, por lo que las reacciones químicas normales producen calor y productos químicos secundarios. También los insectos, ácaros y microorganismos, si se hallan presentes en grandes cantidades, pueden provocar un considerable aumento de la temperatura del producto almacenado.²⁸

g) Temperatura y Humedad: las temperaturas de almacenamiento son también decisivas para la conservación de las semillas, sin embargo tanto la temperatura como el contenido de humedad se encuentran estrechamente relacionados y su conjugación es determinante en la conservación de las semillas.²⁸

La acción de la temperatura sobre la conservación de los alimentos es muy importante, la proliferación de los insectos puede provocar un aumento sensible en la temperatura de la masa de granos. Los granos se conservan mejor a temperaturas bajas que en ambientes con alta temperatura, sobre todo si su contenido de humedad es bajo los granos almacenados se deterioraran menos.

El contenido de humedad es el principal factor que influye en la calidad de productos almacenados, para obtener un almacenamiento eficiente los granos deben tener un bajo contenido de humedad, ya que los granos húmedos constituyen un medio ideal para el desarrollo de microorganismos e insectos.

1.9 CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS EN LA PRODUCCION DE GRANOS FRIJOL

Precosecha

Pérdidas causadas por enfermedades y plagas de los cultivos.²⁶

Cosecha

Pérdidas que ocurren justo antes de la cosecha o durante la cosecha.²⁶

Poscosecha

Pérdidas que ocurren a partir de la cosecha, hasta el momento del consumo y uso de los granos.²⁶

Los granos básicos constituyen aproximadamente el 70% de la dieta alimentaría. El alto contenido de proteína del frijol significa que requiere de un almacenamiento a menos humedad para evitar el deterioro de la proteína. Los datos del frijol son con base a un 10.4% de humedad, los del maíz a un 13.8%, los del sorgo a un 11.0% y los del arroz a un 12.0% de humedad.²⁶

Tabla 3. PÉRDIDAS CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS EN SEMILLAS DE FRIJOL ⁷³

Pérdidas cuantitativas	Pérdidas cualitativas
Reducción del peso del grano	Mal olor y sabor
Reducción de los ingresos por menor peso y calidad	Deterioro de la calidad nutricional del grano
Aumentos de los egresos por necesidad de compra de grano en época de precios altos	Deterioro de la calidad digestiva del grano
	Endurecimiento del grano
	Infestación con hongos
	Reducida germinación de la semilla

1.10 PERDIDAS POSCOSECHA DE GRANOS DE FRIJOL CAUSADAS POR INSECTOS

Las pérdidas poscosecha de granos se han estimado conservadoramente de un 10 a un 20%; sean granos producidos en México o granos importados, lo cual significa pérdidas económicas millonarias. Estas pérdidas varían de un país a otro y de un año a otro, pero en los países subdesarrollados de Asia, África y América Latina, se calcula que se pierde alrededor del 30% de la cosecha anual.¹⁹⁻⁵²⁻⁵⁴

Al almacenar el grano de frijol las pérdidas pueden ser del orden del 10% al 20% de la producción, ya que en las instalaciones para almacenamiento se presentan varios géneros y especies de insectos que destruyen e infestan los granos, así también como hongos y roedores.⁵⁵

a) Pérdida de peso. Las plagas de insectos que se desarrollan en un producto se alimentan continuamente. Las estimaciones de las pérdidas consiguientes varían mucho según el

producto, la localidad y las prácticas de almacenamiento. Para los cereales o las leguminosas de grano de zonas tropicales, almacenados en condiciones tradicionales, puede esperarse una pérdida del 10-30 por ciento durante toda una temporada de almacenamiento.²⁵

b) Pérdidas de calidad/valor comercial. Como el producto infestado se contamina con detritos de insectos, tendrá por supuesto un mayor contenido de polvo. Los granos de frijol estarán perforados y a menudo descoloridos. Los alimentos preparados con productos infestados pueden tener un olor o sabor desagradables.²⁵

Los precios en los mercados tradicionales son relativamente insensibles a los daños de plagas. No obstante, el mercadeo y la distribución centralizada de productos generalmente dependen de un sistema de clasificación que penaliza los productos infestados. Respecto a los cultivos de exportación, se exigen normas de calidad particularmente elevadas.²⁵

c) Favorecimiento del desarrollo de los mohos. Los insectos, los mohos, así como los granos mismos producen agua en la respiración, es decir, la escisión del sustrato de carbohidratos. En condiciones húmedas, sin suficiente ventilación, la formación del moho y el apelmazamiento pueden difundirse rápidamente, causando graves daños.²⁵

d) Reducido valor nutricional. La eliminación del embrión por las plagas de almacenamiento tenderá a reducir el contenido de proteínas del grano de frijol lo cual podría alterar en algún momento características físicas, de sabor y olor en algún producto que se elaborará al partir con este grano o simplemente en consumo de forma directa.²⁵

1.11 FUENTES DE INFESTACIÓN

Las plagas de insectos pueden sobrevivir de una estación a otra en una variedad de situaciones:

- a. En residuos infestados del año anterior (almacenados en el hogar o en la granja);
- b. En la estructura del almacén mismo:
 - en el tejado de paja, en el bambú o la madera de un granero tradicional,
 - en las grietas de las paredes de un silo o almacén,

-
- en sacos y tablas viejas,
 - c. En hábitat naturales como:
 - bajo la corteza de los árboles,
 - en la madera descompuesta,
 - en las vainas de semillas.

Dicho producto puede ser infestado por:

- a. migración activa al cultivo en fase de maduración en el campo, desde el hogar, la despensa de la casa, el almacén o los matorrales.
- b. contaminación, cuando el producto se deposita en un almacén ya infestado.

Cuando los cultivos maduran en el campo pueden ser infestados por plagas de almacén:

- a. el maíz, el sorgo y otros cereales son infestados por los gorgojos del maíz y del arroz (*Sitophilus* spp).
- b. El frijol y otras legumbres de grano, son infestados por los gorgojos de los frijoles de la familia Bruchidae; las larvas de estas plagas, que se desarrollan dentro de las semillas, entrarán en el almacén junto con el producto y continuarán allí su desarrollo.

La gravedad de los daños producidos en el campo puede variar considerablemente según el tipo de cultivo y las prácticas agrícolas.²⁵

1.12 DESARROLLO DE PLAGAS EN LOS ALMACENES

En climas tropicales húmedos, las condiciones pueden ser muy favorables al desarrollo de muchas especies de plagas de almacén. A 27-30 °C y 70-90 % de humedad relativa, en sustratos apropiados, los índices potenciales de incremento son muy elevados.²⁵

La competencia, la depredación y el parasitismo pueden reducir las densidades poblacionales de las plagas de insectos. Las condiciones de sequedad pueden disminuir considerablemente los índices de desarrollo. En general, se presume que habrá problemas de plagas a lo largo de la temporada en las zonas más húmedas, pero en las zonas de sabana semiárida la actividad de las plagas suele detenerse durante la estación seca.²⁵

1.13 CONTROL DE PLAGAS EN PRODUCTOS ALMACENADOS

1.13.1 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA CONTROLAR LAS PLAGAS INSECTILES DE ALMACEN

Es de importancia vital reducir la población infestante inicial e impedir el desarrollo de cualquier plaga de insectos en los productos de cultivos.³

Antes de colocar un grano nuevo en un almacén es necesario:

- a. Eliminar el material infestado: no mezclar el grano nuevo con el viejo; se fumigará completamente el material viejo que haya de mantenerse.
- b. Limpiar las estructuras de almacenamiento:
 - barrer todo indicio de grano derramado, polvo, etc.
 - eliminar el polvo del equipo y la maquinaria de manipulación.
 - desinfectar los sacos y cestos, mediante soleamiento y tratamiento químico; las estructuras grandes requieren generalmente tratamiento químico.

A continuación se mencionan algunas medidas que por un lado impiden la penetración activa de las plagas en los almacenes y que por otro, evitan su infestación, reproducción y diseminación.⁶⁹

- 1.** Inspeccionar todos los alimentos y granos al momento de adquirirlos. Granos fuertemente infestados deben ser rechazados.
- 2.** Al momento de almacenar se debe prestar atención para que el grano esté seco y fresco. Una ventilación periódica y en dados casos las refrigeraciones sería lo ideal.
- 3.** Hacer controles periódicos. El almacén tiene que estar organizado para permitir el acceso a todos los grados. La rotación se hace por el principio "lo que primero entra, sale de primero"

4. En caso de infestaciones se necesita tomar medidas inmediatas. Eso significa tratar el grano (fumigarlo, etc.) o usarlo a corto plazo. A continuación es necesaria la desinfección de la bodega, silo etc.

5. La limpieza y el orden permiten reducir o eliminar la fuente alimenticia y albergue de las plagas y la posibilidad de esconderse. Además facilitan la aplicación de las medidas de control. Habrá que controlar la basura. Si hay infestación e identificar las plagas. La basura deberá ser enterrada y/o quemada

6. Fumigar las semillas en recipientes y bodegas, con insecticidas autorizados como: fosfamina, piretroides, pirimifosmetil. En todo caso, se tienen que aplicar y respetar las indicaciones del fabricante en cuanto a cantidades, mezclas, dosis y medidas de seguridad.

1.14 METODOS DE CONTROL DE PLAGAS

1.14.1 Control Químico.

Está representado por el uso de insecticidas y fumigantes de naturaleza química y espectro amplio para el control de plagas de almacén y se encuentran en las siguientes formulaciones:

- polvos diluidos
- polvos humectables
- líquidos emulsionables para rociado
- concentrados líquidos
- gases

Los insecticidas son generalmente específicos, y no matan a todos los insectos y ácaros; para los almacenes y/o productos almacenados se selecciona una sustancia química aprobada que tenga un espectro amplio, o bien que especifique la toxicidad para gusanos y gorgojos. Puede ser que se requiera un tratamiento especial para los ácaros.³

Los insectos pueden desarrollar resistencia fisiológica y de comportamiento contra los insecticidas. El uso excesivo o inapropiado de sustancias químicas dará lugar al desarrollo

de insectos resistentes. Por ello, se debe utilizar la dosis correcta de insecticida, y sólo cuando sea estrictamente necesario.³

a) Fumigación. Las sustancias químicas que se utilizan para atacar a los insectos a través de su sistema respiratorio se conocen como fumigantes.³ Los fumigantes pueden prepararse en forma de: líquidos, bisulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, dicloruro de etileno, dibromuro de etileno.

La fosfina es también un fumigante excelente y bastante fácil de utilizar. Se emplea en forma de mezcla con fosfuro de aluminio y carbamato de amonio. Son sustancias estables si se mantienen en recipientes de cierre hermético, pero si se exponen al aire toman agua y liberan fosfina, amonio y dióxido de carbono. La fosfina contiene normalmente impurezas que la hacen espontáneamente inflamable, pero es inocua en presencia de amonio y de dióxido de carbono. Las sustancias químicas están preparadas de forma que se dispone de unos 30 minutos para distribuir la mezcla antes de que se libere el gas. El gas despiden un olor fuerte y desagradable, lo que hace que sea fácil de detectar. La fosfina es el único fumigante que no interfiere con la germinación si se trata de grano que ha de utilizarse para la siembra. Los otros fumigantes pueden afectar a la germinación si el grano se expone excesivamente a los fumigantes o si éstos se aplican repetidas veces.

b) Efectos en el Medio Ambiente. Se relaciona también con la persistencia, es decir, la duración de un plaguicida a partir del tiempo de su aplicación. Los plaguicidas y sus productos de degradación (metabolitos), producen efectos adversos al ambiente y a la salud humana. Sin embargo, también los del grupo de organofosforados y otros, pueden tener consecuencias nefastas para la vida silvestre, a pesar de tener poca resistencia. Los insecticidas generalmente entrañan un cierto grado de toxicidad para las personas y los animales domésticos.³

El control, de manera convencional está dirigido a matar los adultos. Se pone en los sacos pastillas de insecticidas que sueltan un gas que mata a los gorgojos. Desde hace algunos años, se ha constatado que estas pastillas hacen cada vez menos efecto, debido a la resistencia que adquieren los gorgojos a este producto y además su uso es peligroso para la salud humana.⁶⁷

1.14.2 Control Biológico.

Es la represión de las plagas mediante sus enemigos naturales, es decir mediante la acción de depredadores, parásitos y patógenos. Los parásitos de las plagas, llamados también parasitoides, son insectos que viven a expensas de otro insecto u hospedero al que devoran progresivamente hasta causarle la muerte. Durante ese tiempo completan su propio desarrollo larval. Los insectos depredadores u otros depredadores son animales que causan la muerte de las plagas (víctimas o presas) en forma más o menos rápida succionándoles la sangre o devorándolos. Los patógenos son microorganismos: virus, rikettsias, bacterias, protozoarios, hongos y nemátodos, que causan enfermedades o epizootias entre las plagas. De los tres grupos de enemigos naturales (o controladores biológicos), los patógenos tienen características muy particulares.⁶⁷

El control biológico se considera natural, cuando se refiere a la acción de los enemigos biológicos sin la intervención del hombre; y se le denomina artificial o aplicado cuando, de alguna manera, es afectado o manipulado por el hombre.⁶⁷

Los gorgojos de frijol tienen como enemigos naturales, unas avispas, de la familia Pteromalidae que matan sus larvas, parasitándolas. Si se fumiga con veneno, se mata a estos parasitoides, perdiendo de esta manera un aliado muy interesante.⁶⁷

1.14.3 Control Mecánico.

El control mecánico de las plagas comprende las técnicas más antiguas y simples en la lucha contra los insectos. Estas técnicas consisten en la remoción y destrucción de los insectos y partes infestadas de las plantas. También se incluye la exclusión de los insectos y otros animales por medio de las barreras y otros dispositivos. La aplicación de estas técnicas demanda mucha mano de obra por lo que tienden a desaparecer de las grandes y medianas áreas de cultivo. En ciertos casos, particularmente cuando se trata de la pequeña agricultura, el control mecánico puede aplicarse con relativa eficiencia.³

Estudios del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) han comprobado que mezclando aceite a los frijoles, se impide la puesta de huevos por las hembras de gorgojos. La superficie del grano se pone lisa y el huevo se cae al fondo del saco, impidiendo a la larva de penetrar en un grano. Otros estudios han comprobado que si se almacena el frijol

después de aporreado, con todo las basuritas (pedacitos de ramitas, tierra, piedritas), se obtiene mejores resultados. Las basuritas impiden a los gorgojos adultos de moverse libremente, se hieren sobre piedritas y además no permite mejor movimiento.⁶⁷

1.14.4 Control de plagas de frijol almacenado con otros métodos alternativos (métodos empíricos)

1.14.4.1 Plantas para el control del gorgojo que ataca el frijol.

Los campesinos de Chimalapa, en el Sur de México, usan el epazote blanco (*Chenopodium album*) para control de gorgojos.⁶³ El uso es sencillo, se colecta las plantas de epazote, que es una planta común en México y América Central, se secan y luego se muelan en polvo con un molinito de mano. El polvo se le aplica al grano. Algunas personas dicen que el sabor de los frijoles es mejor con las hojas de epazote. Otra manera de hacer el trabajo es mezclar hojas enteras de epazote al grano y luego cubrir los sacos con una capa de dos centímetros de hojas de epazote.⁶⁷

2.14.4.2 Control de gorgojo con ceniza.

Entre los frijoles hay espacios donde los gorgojos se mueven. Si se llena esos espacios con ceniza fina y seca (entre más fina mejor), será más difícil para los gorgojos sobrevivir. Los insectos que tratan de moverse entre los granos se rasparán causando cortadas en sus cuerpos. A través de las cortadas, éstos perderán humedad, se deshidratarán y morirán.⁶⁷

1.14.4.3 Control con chile.

Algunas personas en Guatemala también usan chile molido para controlar los gorgojos. Agregan 1% de polvo de chile al frijol almacenado. En otras palabras, se añade una libra de chile seco molido fino para cada quintal de frijol que se quiere proteger. Este procedimiento funciona bien si el chile no es caro y es fácil de conseguir. El chile debe ser muy seco y luego molido muy fino.⁶⁷

1.14.4.4 Control con aceite.

El aceite vegetal también puede ser usado para proteger del gorgojo al frijol almacenado. El aceite bloquea los poros respiratorios del insecto por lo que no puede respirar y muere. También el aceite pone resbalosa la testa del frijol y hace difícil la puesta de huevos del gorgojo.⁶⁷

1.14.5 Control de plagas a través de manejo integrado

Las plagas son factores limitantes de la producción de frijol ya que atacan todas las partes de la planta durante la etapa de crecimiento y reproducción causando daños directamente y en asociación con agentes patógenos. El control debe realizarse a través de un programa de manejo integrado de plagas. Este consiste en la selección, integración e implementación de tácticas de control cultural, mecánico biológico, legal y químico. El mal manejo y uso irracional de los insecticidas y la excesiva confianza en la aplicación ha provocado consecuencias negativas, como intoxicaciones humanas, presencia de residuos en alimentos, contaminación ambiental, aparición de nuevas plagas. En la eliminación de insectos benéficos y en el desarrollo de resistencia de los insectos plagas a los insecticidas. El manejo integrado de plagas sugiere usar el control químico solamente cuando las otras medidas fallen y la población de insectos sobrepase el nivel de daño económico. La aplicación de insecticidas debe hacerse correctamente y usando productos de baja toxicidad y cuando sea necesario.⁶⁸

1.15 GENERALIDADES DE INSECTOS

Los insectos comprenden el grupo de animales más diverso de la tierra, con más de 800.000 especies descritas, más que los otros grupos de animales juntos. Los insectos se pueden encontrar en casi todos los ambientes del planeta, aunque sólo un pequeño número de especies se ha adaptado a la vida en los océanos.²²

Los insectos se alimentan de una variedad casi interminable de alimentos y de muchas maneras diferentes. Las miles de especies que se alimentan de plantas (en la tierra o en el agua). Se pueden alimentar en casi cualquier parte de ella; las orugas y escarabajos se alimentan de las hojas, los áfidos se pueden alimentar de hojas y tallos, las gallinas ciegas se alimentan en las raíces, ciertas especies de gorgojos y larvas de la polilla se alimentan de los frutos y así sucesivamente. No todos los insectos son dañinos para el hombre; hay muchos benéficos, como las abejas productoras de miel y polinizadores que reditúan grandes ganancias, o el gusano de seda, que es la larva de una mariposa secretora de la delicada sustancia con la que se manufacturan finas telas de gran valor comercial, y otros insectos más.²⁴

1.15.1 MORFOLOGIA DE LOS INSECTOS

Los insectos son artrópodos traqueados cuyo cuerpo esta dividido en cabeza, tórax y abdomen. La cabeza posee las principales estructuras esenciales, además de las partes bucales las cuales están modificadas en los diferentes ordenes de insectos. El tórax lleva tres pares de patas y generalmente dos pares de alas. El abdomen esta desprovisto de apéndices ambulatorios pero presenta apéndices asociados a la reproducción y la abertura genital esta situada cerca del extremo posterior del cuerpo figura 2. ⁴³

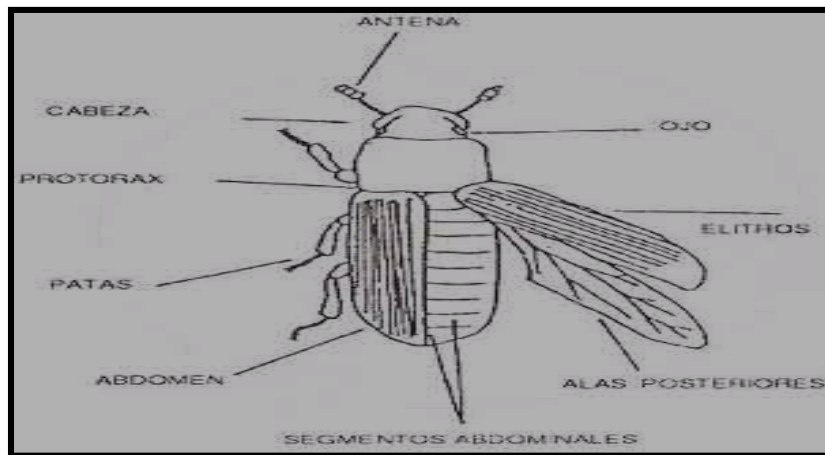


Figura 2. MORFOLOGIA DE UN INSECTO.⁶⁹

1.15.2 REPRODUCCIÓN

Los insectos presentan sexos separados y frecuentemente muy diferenciados morfológicamente entre sí, siendo en la mayoría de los casos el macho más chico y de coloración más llamativa que la hembra. Se reproducen normalmente por vía sexual, en algunos casos también se pueden reproducir mediante partenogénesis (asexualmente), y en algunas pocas especies no se conocen machos ⁽²²⁾.

1.15.3 METAMORFOSIS

La metamorfosis es un proceso de desarrollo postembrionario, mediante el cual los insectos alcanzan su fase adulta (imago), durante la cual llegan a la madurez sexual. De acuerdo al tipo de metamorfosis que presentan los insectos se clasifican en:

Ametábolos: los juveniles no se diferencian de los adultos salvo por la madurez sexual y el tamaño (ejemplos: Colémbolos, Tisanuros y Dipluros).³⁶

Paurometábolos: metamorfosis gradual en la cual las tecas alares y los órganos sexuales se van desarrollando poco a poco, si bien las diferentes fases juveniles (ninfas) son semejantes entre sí y el adulto, los cambios en la última muda son más marcados figura 3A.

36

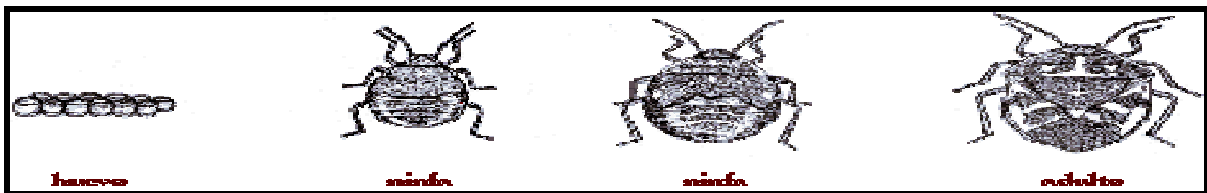


Figura 3A. METAMORFOSIS GRADUAL DE UN INSECTO (PAUROMETÁBOLOS).⁶⁹

Hemimetábolos: Los juveniles o nayades son acuáticos y difieren considerablemente de los adultos. Organismos de este tipo son las libélulas (Odonata), cuya nayades son acuáticas y los individuos adultos son alados.³⁶

Holometábolos: metamorfosis completa, en la cual los tejidos del adulto se originan a partir de grupos especiales de células llamadas imaginales, durante una fase del ciclo de vida conocida como pupa. En este grupo de insectos hay grandes diferencias morfológicas entre juveniles y adultos, entre ellos se encuentran las mariposas y polillas (Lepidóptera), escarabajos o gorgojos (Coleóptera), las abejas, avispas y hormigas (Hymenóptera); las moscas y mosquitos (Diptera). En este tipo de desarrollo se presentan los estados de desarrollo de huevecillo, larva, pupa y adulto figura 3B.³⁶

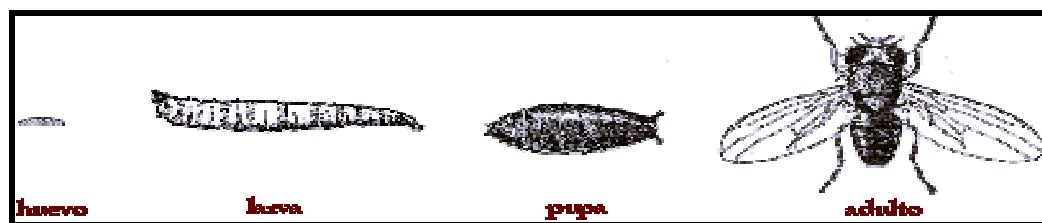


Figura 3B. METAMORFOSIS COMPLETA DE UN INSECTO.⁶⁹

1.15.4 IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS

Los insectos pueden ocasionar daños en diversas formas, como son:

1. Destruyendo plantas silvestres.
2. Insectos que destruyen toda clase de cultivos y otras plantas valiosas.
3. Causando molestias, a nosotros mismos, a nuestros animales domésticos y a la fauna silvestre.
4. Insectos que transmiten enfermedades a las plantas y al hombre.
5. Destruyendo o depreciando el valor de los productos almacenados.

El daño producido por las enfermedades que transmiten los insectos puede rivalizar en importancia y en algunos casos sobrepasar al daño ocasionado por su alimentación directa. Hoy en día se conocen más de 200 enfermedades que son diseminadas por los insectos; alrededor de 150 de ellas, son producidas por el grupo de los virus, 250 más son causadas por hongos parásitos, más de 15 son enfermedades bacterianas, y unas cuantas son ocasionadas por protozoarios.⁶

La forma más compleja en que los insectos dañan al hombre y sus animales, con los efectos más desastrosos, es cuando actúan como portadores y trasmisores de microorganismos causantes de enfermedades, tales como el tifus, la peste bubónica, la fiebre amarilla y otras. Por ejemplo: el tifo (*Rickettsias*) se alojan en el piojo (*Pediculus humanus*), la peste bubónica (Bacterias) transmitida por la pulga de cama, el paludismo transmitido por el mosquito del género *Anopheles*.⁶

Acciones útiles de los insectos:

- 1.- Producen o colectan sustancias útiles al hombre (ejemplo miel)
- 2.- Como polinizadores.
- 3.- Como alimento para otras especies útiles al hombre.
- 4.- Como enemigos naturales de otros insectos dañinos.
- 5.- Cuando destruyen plantas indeseables.
- 6.- Como mejoradores del suelo.
- 7.- Como consumidores de carroña.
- 8.- Por su valor estético.
- 9.- Por su valor en las investigaciones científicas.

2.15.5 DEFINICIÓN DE PLAGA

Forma de vida vegetal o animal o agente patogénico, dañino o potencialmente dañino a los vegetales y animales.⁶⁶ En su sentido más amplio, una plaga se define como cualquier especie animal que el hombre considera perjudicial a su persona, a su propiedad o al medioambiente. De modo que existen plagas de interés médico (zancudos, chirimachas y otros parásitos y vectores de enfermedades humanas); plagas de interés veterinario (piojos, moscas y garrapatas del ganado); plagas caseras (cucarachas y moscas); (plagas de productos almacenados, diversos insectos y roedores); y las plagas agrícolas que dañan los cultivos.⁶⁰

a) Plaga agrícola es una población de animales fitófagos (se alimentan de plantas) que disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o incrementa sus costos de producción. Se trata de un criterio esencialmente económico.⁶⁰

b) Plaga de Almacén Son numerosas las especies de insectos relacionadas con los productos almacenados. Sólo una parte de ellos deteriora directamente los productos. El producto constituye el sustrato de una comunidad de insectos, que incluye a los que se alimentan de desechos. Cada especie muestra diferentes comportamientos, tolerancias y preferencias con respecto a:

- producto
- humedad y temperatura
- estado del producto (intacto, deteriorado, molido, etc.)

Para una determinada localidad, producto y método de almacenamiento, generalmente sólo hay pocas especies que constituyen plagas importantes.²⁸

1.15.6 PRINCIPALES PLAGAS DE LOS GRANOS ALMACENADOS

De las 800,000 especies conocidas de insectos, 100 especies son responsables de los daños en almacenes de las cuales 20 plagas, por su distribución geográfica y daños que ocasionan se consideran de importancia económica.²⁷ Las plagas que infectan a los granos almacenados pertenecen principalmente al género de los gorgojos y palomillas.²⁷

Con base al daño que estas plagas ocasionan al producto se agrupan en: plagas primarias, secundarias y terciarias.

a) **Plagas Primarias.** Son insectos capaces de dañar, perforar y romper granos enteros y tienen gran importancia económica.²⁷

b) **Plagas Secundarias.** Son insectos que atacan granos partidos o que previamente fueron dañados por insectos primarios. Se reproducen con facilidad en productos que se obtienen en la molienda de los granos.²⁷

c) **Plagas terciarias.** Se multiplican en granos y productos en avanzado estado de deterioración causado por otros insectos o por microorganismos y su presencia representa condiciones pésimas de almacenamiento.²⁷

Tabla 4. Principales plagas causantes de daños en los granos ⁽⁷¹⁾

Nombre Científico	Nombre Común	Orden/Familia
1. <i>Sitophilus granarius</i> (L) *	Gorgojo de los graneros	Col: Curculionidae
2. <i>Sitophilus oryzae</i> (L) *	Gorgojo del arroz	Col: Curculionidae
3. <i>Sitophilus zeamais</i> Mutschulsky *	Gorgojo del maíz	Col: Curculionidae
4. <i>Acanthoscelides obtectus</i> *	Gorgojo pardo del frijol	Col: Bruchidae
5. <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman) *	Gorgojo pinto del frijol	Col: Bruchidae
6. <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) *	Barrenador grande de los granos	Col: Bostrichidae
7. <i>Rhyzopertha dominica</i> (F) *	Barrenillo de los granos	Col: Bostrichidae
8. <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier) *	Palomilla de los cereales	Lep: Gelechidae
9. <i>Tribolium confusum</i> Duval	Gorgojo confuso de la harina	Col: Tenebrionidae
10 <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Gorgojo castaño de la harina	Col: Tenebrionidae
11 <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L)	Gorgojo dentado de los granos	Col: Silvanidae
12 <i>Cryptolestes pusillus</i> (Schonherr)	Gorgojo plano de los granos	Col: Cucujidae
13 <i>Plodia interpunctella</i> (Hubner)	Polilla de fruta seca	Lep: Pyralidae

* Plagas primarias

1.15.7 CARACTERISTICAS GENERALES DE INSECTOS DEL ORDEN DE LOS COLEOPTEROS.

Con unas 350.000 especies del Orden de los Coleópteros es el más numeroso de la Clase de los insectos, y comprende especies con muchos tipos de alimentación, destacando los fitófagos, que pueden formar plagas tanto forestales como agrícolas. La mayor parte del daño lo causan sus larvas. El gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* es el escarabajo que pertenece al orden Coleoptera el cual es el más numeroso en especies de la clase insecta.⁵⁸

Los Coleópteros presentan dos pares de alas, estando el par exterior muy esclerotizado (endurecido por la presencia de esclerotina), formando unas estructuras duras denominadas élitros. Se caracterizan por tener su aparato bucal masticador en el extremo de una probóscide que puede ser relativamente masiva o larga y estrecha, según las especies.⁵⁸

1.15.7.1 FAMILIA BRUCHIDAE

Los adultos se caracterizan porque los élitros no cubren los últimos segmentos abdominales; generalmente son de cuerpo en forma de pera, más ancho en el tercio posterior, provistos de antenas largas y la mayoría de ellos con gran capacidad de vuelo. Las larvas carecen de patas, pero algunas de ellas poseen gran movilidad en el primer estadio.⁶

La gran mayoría de los bruchidos viven en semillas de leguminosas, aunque un pequeño grupo es capaz de vivir en otro tipo de vegetales. Los adultos colocan los huevos ya sea en las vainas o sobre los granos. Las larvas recién emergidas, penetran en las semillas desarrollándose en el interior de estas. Muchas de las especies sólo emergen de los granos cuando han alcanzado el estado de adulto.⁶

Hay algunas especies que no solamente son capaces de infestar los granos en el campo, sino que además pueden continuar la infestación durante el almacenamiento.⁶

El insecto *Zabrotes subfasciatus*_Boh. también llamado gorgojo pinto del frijol, es una especie que pertenece al orden Coleótera y a la familia Bruchidae. Ataca al frijol almacenado en México y representa un grave problema en virtud de su amplia distribución y de su gran abundancia.³³

1.15.8 GENERALIDADES DEL GORGOJO DEL FRIJOL *ZABROTES SUBFASCIATUS* (BOHEMAN.)

1.15.8.1 TAXONOMIA DE *ZABROTES SUBFASCIATUS* (BOHEMAN).

Phyllum: Artropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleóptera

Familia: Bruchidae

Género: *Zabrotes*

Especie: *Zabrotes subfasciatus* (Boheman).

Nombre comun: gorgojo pinto o gorgojo mexicano del frijol

Sinonimia: *Spermophagus pectorales* (Sharp).⁵⁰

2.15.9 GENERALIDADES DEL GORGOJO PINTO DEL FRIJOL *ZABROTES SUBFASCIATUS* (BOHEMAN).

La hembra adulta de *Z. subfasciatus* es de color negro con manchas color crema y el macho es de color pardo sin manchas. Su longitud es de 2 a 3 mm.⁽⁵³⁾. La especie presenta dimorfismo sexual siendo las hembras más grandes que los machos fig 4. ⁴⁷

Las antenas, de extremo mazudo, quedan resguardadas en unos surcos a lo largo de la probóscide. La construcción del cuerpo es masiva, pero el tamaño es generalmente pequeño cuando se comparan con otros escarabajos.⁵⁸

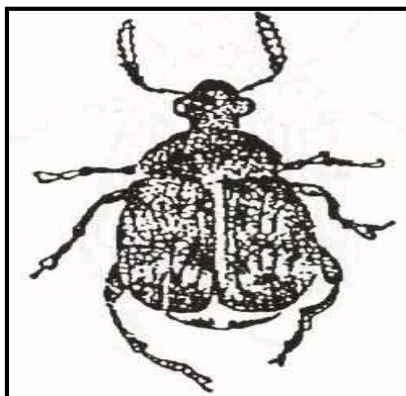


Figura 4. *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) hembra ⁵⁶

1.15.9.1 BIOLOGÍA DE *Zabrotes subfasciatus* (BOHEMAN).

La hembra de *Z. subfasciatus*, después de acoplarse con el macho, pone huevos pegandolos sobre el frijol. La larva sale del huevo y tiene que penetrar en el grano, esto le cuesta unas 24 horas de trabajo. Después de penetrar en el frijol, se alimenta del cotiledón, forma una especie de cámara y procede a desarrollarse dentro de la semilla. Las larvas presentan cuatro instares, mientras se alimentan el último instar produce la ventana redonda característica que se hace visible externamente conforme progresa el desarrollo del insecto. Los adultos recientemente formados pueden permanecer dentro del frijol durante varios días antes de empujar fuera la ventana y terminar de destruir a la semilla. El número de adultos emergidos por semilla es variable y depende principalmente del tamaño del grano, que está relacionado con el contenido de nutrientes esenciales para el insecto y el espacio necesario para su buen desarrollo.¹⁰ Los adultos al emerger de la semilla inmediatamente se aparean e inician la oviposición.¹

El ciclo de vida de *Z. subfasciatus* está completo en aproximadamente 24 días. La longevidad adulta es aproximadamente de 12 días. La hembra oviposita aproximadamente 35 huevecillos en su vida figura 5.¹

Las larvas que dañan granos almacenados, tienen aparato bucal de tipo masticador, con mandíbulas bien desarrolladas.⁶ Los brúquidos adultos no se alimentan sólo la larva causa daño.¹

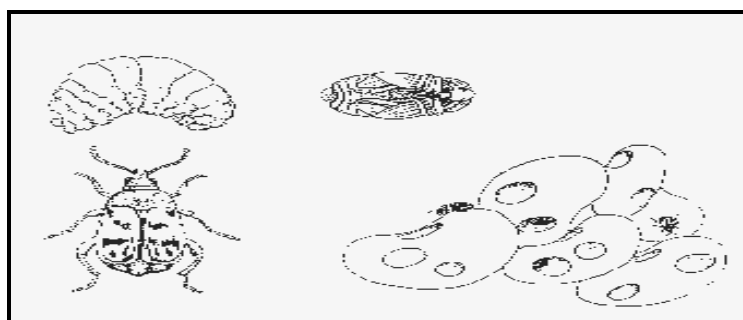


Figura 5. LARVA, PUPA, ADULTO Y DAÑO PRODUCIDO EN EL FRIJOL

1.15.9.2 ECOLOGÍA

Los estudios en América Latina mostraron que el predominio de la especie se influencia por los regímenes de temperatura ambiente. *Zabrotes subfasciatus* prefiere los climas más

calurosos en las altitudes mas bajas y por consiguiente es más importante en las regiones tropicales y subtropicales.¹

Esta especie se origina y es particularmente importante en climas tropicales y subtropicales de Centroamérica y América del Sur. También se encuentra en otras regiones calurosas del mundo, África central y oriental notablemente, Madagascar, países que orillan al mediterráneo e India y ataca frijoles principalmente, diversas variedades de *P. vulgaris* son los principales hospederos.¹¹

1.15.9.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA OVIPOSICION

Algunos factores son la temperatura y la inseminación por el macho además de la preferencia mostradas por *Zabrotes subfasciatus* a variedades de semillas grandes. Las hembras apareadas después del periodo de preoviposición, depositan los huevecillos. La oviposición es variable y depende de cada hembra, del número de granos, de las condiciones ambientales a las que se someten los adultos, así como la variedad del frijol atacado.⁸

La oviposición puede ser de 35 huevecillos por hembra y es un fenómeno continuo que presenta periodos de descanso. Las hembras ovipositan 17 huevecillos aproximadamente, al tercer día esto representa del 6-14% de la oviposición inicial.⁸

1.15.9.4 PRINCIPALES GORGOJOS DE IMPORTANCIA EN MEXICO

Los frijoles almacenados sufren fuertes pérdidas por lo que se refiere a calidad y cantidad, estas pérdidas son causadas principalmente por los bruquidos del frijol (Coleoptera: Bruchidae).¹

Los frijoles pueden ser atacados por una docena de especies de bruquidos siendo las especies más comunes: el brúquido del frijol o el gorgojo del frijol común, *Acatoscelides obtectus*, el bruquido *Callosobruchus chinensis* y *Callosobruchus maculatus*, el gorgojo Rhodesian, *Callosobruchus rhodesianus*, el gorgojo mexicano del frijol o gorgojo pinto del frijol, *Zabrotes subfasciatus*, y las especies no identificadas de brúquidos. De éstos, *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* son los más importantes para México y se presentan juntos en muchos casos.¹

1.15.9.5 PERDIDAS QUE OCASIONA *Zabrotes subfasciatus* AL GRANO EN ALMACEN

El daño producido por esta especie ocasiona pérdidas que se estiman de 13-15% en América Latina. Para darse cuenta de lo que esto significa, en México en 1996 se cosecharon aproximadamente 1,103,000 toneladas de frijol a un precio de referencia de 3,800 pesos por tonelada por lo que el daño de esta plaga se estimaría entre 540 a 630 millones de pesos.²¹

La producción de frijol es afectada por un gran número de plagas y enfermedades, tanto en el campo como en el almacén, que disminuyen el rendimiento y la calidad de la semilla de esta leguminosa. De ahí el interés de conservarla libre del ataque de insectos sobre todo en almacén donde no hay recuperación posible cuando los granos son almacenados. Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), una de las plaga más importantes del frijol es el gorgojo pinto *Zabrotes subfasciatus* Boh.²⁰

Se ha mencionado que uno de los factores que disminuyen el rendimiento del frijol, son los insectos plaga los cuales durante el ciclo vegetativo y almacenamiento pueden ocasionar pérdidas de 20-80%.³²

Existe un problema en cuanto a gorgojos que afectan al frijol en semilla y grano durante el almacenaje. El gorgojo *Zabrotes subfasciatus* infesta a los frijoles en el almacén, los daños ocasionados por los brúquidos son que reducen el peso, la calidad y la viabilidad de la semilla de frijol. El grado de pérdida debido al daño es variable y depende del periodo y de las condiciones de almacenaje. Los frijoles que han sido dañados son indeseables en el mercado y causan pérdidas económicas al productor, ya que las semillas se cubren de huevecillos y perforaciones.³⁵

La gran mayoría de los campesinos dedicados a este cultivo no utilizan los productos químicos por falta de recursos económicos y por los bajos rendimientos que obtienen en la agricultura de subsistencia, por lo que se torna obligada la búsqueda de métodos de control de insectos acorde con la realidad de nuestro país.³²

1.16 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS HONGOS

Los hongos son microorganismos unicelulares, pluricelulares o dimórficos; carecen de clorofila, por lo tanto son heterótrofos, es decir, obtienen sus alimentos por absorción; el componente principal de sus paredes celulares es la quitina. El talo (cuerpo vegetativo) en la mayoría de los hongos es filamentoso, está constituido por filamentos delgados llamados hifas, las que presentan crecimiento apical y en conjunto integran el micelio. En el caso de los hongos macroscópicos, el micelio está representado por la masa de apariencia algodonosa y por lo regular blanquecino que se localiza por debajo del mantillo en los bosques. Su reproducción puede ser asexual y/o sexual pero, generalmente, hay producción de esporas; son de distribución cosmopolita, se desarrollan en cualquier tipo de clima, siempre que la temperatura no sea menor de cero grados centígrados (4-60 °C).

Los hongos son un componente vital en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, ya que desempeñan diversas funciones de tipo ecológico y fisiológico. Entre sus principales funciones destacan las siguientes: intervienen en los ciclos y transferencia de nutrimentos, al participar de manera activa en la regulación de la tasa fotosintética; a través del crecimiento de sus hifas modifican la permeabilidad y estructura del suelo; los hongos representan una fuente de alimento para algunos vertebrados (incluyendo mamíferos) e invertebrados, son hábitat de invertebrados, algas y otros hongos; participan en creación y alteración de nichos, sobre todo para invertebrados; establecen asociaciones mutualistas con plantas, termitas, hormigas y con algunas especies de algas.

1.16.1 GENERALIDADES DE HONGOS EN SEMILLAS Y GRANOS

Los hongos tienen una influencia directa sobre el bienestar del hombre, algunos son benéficos y el hombre los utiliza directamente, como en la producción de antibióticos, bebidas, ácidos orgánicos, proteínas, etc. Otros juegan un papel importante en la naturaleza degradando materia orgánica. Por otra parte, los hongos son la principal causa de enfermedades de los cultivos agrícolas afectando la economía del hombre.³⁴

La alimentación humana y animal en parte se basa en el consumo de granos y sus derivados, los que frecuentemente son invadidos por hongos causando diferentes

problemas, entre ellos la contaminación con metabolitos secundarios llamados micotoxinas las que al ser ingeridas son dañinas al hombre y a los animales.³⁴

En granos almacenados, la actividad metabólica de los hongos, incrementa la humedad y temperatura de los granos sobre los que se desarrollan creando las condiciones para su proliferación y elevando aun más la temperatura, haciendo el ambiente intolerable para los insectos que emigran hacia otras partes del granel menos calientes. El grano queda destruido ocasionando graves pérdidas y disminuyendo su disponibilidad.²³

La presencia de hongos en granos y semillas se ha estudiado con gran interés, ya que estos causan el mayor número de enfermedades en plantas; a los hongos en granos y semillas se les ha dividido en dos grupos importantes hongos de campo y hongos de almacén.¹⁷

1.16.2 HONGOS DE CAMPO

Estos hongos invaden los granos o semillas antes de la cosecha, mientras las plantas están creciendo en el campo o después de que el grano es cosechado y amontonado pero antes de que sea desgranado. Los hongos de campo dañan el grano desde el momento de la siembra y a más tardar hasta el momento en que el grano es secado a un contenido de humedad abajo del 20-22%. Todos los hongos de campo requieren un alto contenido de humedad en equilibrio con una humedad relativa arriba del 90%. Los hongos de campo pueden sobrevivir por años en grano seco, pero mueren rápidamente en granos con contenido de humedad en equilibrio con humedades relativas del 75% en los granos de cereales almidonosos.¹⁸

Estos hongos de campo usualmente no causan daños en almacenamiento, aunque si lo pueden hacer ocasionalmente si la humedad del grano esta por arriba del 25%, lo cual no es normal que ocurra. Los hongos que predominan varían de acuerdo con la cosecha, la región o localización geográfica y el clima.¹⁸

La mayoría de los hongos de campo que invaden a los granos son especies de los géneros *Alternaria*, *Fusarium* y *Rhizoctonia* entre otros, aunque se encuentran con frecuencia *Cladosporium* spp y *Helminthosporium* spp.¹⁷

El hongo *Alternaria* es común en muchos granos y semillas, especialmente de cereales, pero no está restringido a ellos ya que también abunda en el cacahuate.¹⁸

Las infecciones por *Fusarium* ocurridas en el campo aún las muy leves que no reducen la calidad del grano al momento de la cosecha, pueden ser responsables del daño al embrión, que se manifiesta en la siembra de esas semillas, causando una reducción en la calidad y en el valor comercial.¹⁸

1.16.3 HONGOS DE ALMACEN

Estos hongos son generalmente saprófitos o parásitos facultativos que se desarrollan después de la cosecha.^{17,34,39} Pueden crecer en humididades relativas de 65 a 90% bajo condiciones en que normalmente almacenan los granos y las materias primas que se utilizan en la elaboración de alimentos para el hombre y animales.³⁴

Aspergillus y *Penicillium* son los géneros de hongos de almacén más importantes. La suma de sus actividades metabólicas provoca trastornos a la calidad biológica de los granos y semillas induciendo grandes pérdidas económicas. Siendo parásitos o saprófitos de los productos almacenados son capaces de destruir en relativamente poco tiempo grandes cantidades de nutrimentos.³⁰ Los hongos de almacén comprenden varias especies de estos géneros y se ha reportado a la especie *Aspergillus glaucus* como la más común en granos almacenados.^{18,39}

Los hongos tóxicos más importantes (*Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*) tienen una amplia distribución geográfica y pueden desarrollarse sobre diversos sustratos de granos y semillas almacenados.³⁹ Estos hongos imparten colores y olores desagradables a los granos y afectan la germinación de las semillas.³⁴

1.16.4 DAÑOS POR HONGOS EN FRIJOL

Como ya se señaló, los hongos de campo no continúan creciendo en el almacén, por lo que el daño a los embriones ocurre en el campo o bien los embriones quedan débiles por el

ataque y pueden morir durante su almacenamiento o al momento de la germinación de la semilla en la siembra.

En aquellas semillas de frijol en la que la infección por los hongos no afecta su embrión, el daño que causan es el de infectar el cultivo en el siguiente ciclo agrícola, ya que la plántula de frijol se establece en el campo y el hongo invade la plántula proveniente de la semilla infectada.

Cuando las lesiones de las vainas son profundas, ciertos hongos, como el *Colletotrichum lindemuthianum*, puede infectar las semillas, entonces aparecen en ésta manchas de diferentes tamaños, ligeramente unidas de color café a negro. El hongo puede permanecer por mucho tiempo en forma latente en la semilla, debajo de cutícula, en los cotiledones o en el embrión. La semilla infectada sirve de fuente potencial de inóculo primario, aun cuando pierde vigor y finalmente la viabilidad, dependiendo del grado de invasión del hongo dentro de la semilla de frijol.¹⁶

1.16.5 ALGUNOS HONGOS IMPORTANTES QUE SE DESARROLLAN DESPUES DE LA COSECHA.

Aspergillus flavus: se desarrolla en las proteínas, los almidones y las grasas, causando su deterioro; en particular, hace reducir la calidad del aceite. Algunas cepas producen la toxina venenosa llamada aflatoxina, sobre todo en semillas oleaginosas y cereales que no se han secado suficientemente.¹⁶

Aspergillus niger: análogo a *A.flavus*, pero la toxina que produce no es tan peligrosa. Las cabezas de las esporas son negras.

Grupo de Aspergillus glaucus: un grupo muy común de mohos capaces de desarrollarse en sustratos con muy bajo contenido de humedad y elevado contenido de azúcar (son generalmente los invasores primarios de productos de cultivos almacenados).¹⁶

Penicillium spp: comúnmente relacionado con la podredumbre de las frutas. El micelio es de color azul verdoso y puede desarrollarse en la superficie dentro del sustrato, ataca granos y semillas de almacén.¹⁶

Botryodipladia spp: ataca a las frutas de semillas en el campo y el deterioro continúa durante el almacenamiento. El micelio es negro en *B. theobromae*; las esporas se producen en picnidios cerrados en la superficie del sustrato.¹⁶

Fusarium spp: es una especie muy difusa, que se encuentra como hongo relacionado con la podredumbre de productos almacenados, y como patógeno que produce la roña y el añublo de los cereales y de la caña de azúcar. Puede sobrevivir en la semilla y continuar creciendo durante el almacenamiento. Algunas especies producen toxinas en el maíz que se ha almacenado sin haberlo secado hasta un nivel de contenido de humedad que no presente riesgos. Son también comunes en los productos almacenados dos especies que pertenecen a la familia de Phycomycetes.¹⁶

Rhizopus otrhijus: especie muy difusa que se reproduce sexualmente en esporangios característicos en muchos cultivos, pero no es un invasor primario.¹⁶

Mucor pusillus: un hongo que produce deterioro. Altamente termófilo (por ejemplo, puede sobrevivir en las elevadas temperaturas de fermentación del cacao).¹⁶

1.16.6 FUENTE DE INOCULO DE LOS HONGOS DE ALMACEN

A medida que los granos llegan, después de la cosecha y del transporte, a la bodega aumenta el riesgo del número de los granos húmedos invadidos por hongos de almacén y a menos que la temperatura o el contenido de humedad o ambos se bajen lo suficiente para detener el crecimiento de dichos hongos, estos seguirán creciendo y eventualmente causaran daño al embrión, hedor, humedad, calentamiento y apelmazamiento del grano y producción de micotoxinas. Los hongos siempre están presentes como esporas en estado latente en la parte exterior del grano y cuando se tienen condiciones favorables para su desarrollo, estos hongos proliferarán rápidamente en cuestión de horas o días.¹⁸

1.16.7 FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE LOS HONGOS DE ALMACEN

Los factores humedad relativa, contenido de humedad del grano, temperatura y tiempo de almacenaje, determinaran la presencia, en calidad y cantidad, de géneros y especies de hongos.³⁰ Las principales condiciones que influyen en el desarrollo de los hongos de almacén son:

a) HUMEDAD: existe un mínimo contenido de humedad en los granos para el desarrollo de cada una de las especies comunes de hongos de almacén, abajo del cual ellos no pueden crecer.¹⁸

b) TEMPERATURA: el efecto de ésta sobre el crecimiento de los hongos y sobre el daño que ellos ocasionan a los granos es determinante.¹⁸ Los hongos más comunes en granos y semillas almacenados son mesófilos, crecen más rápidamente a temperaturas de 30-32 °C y su crecimiento disminuye cuando la temperatura decrece. Se ha demostrado que los cambios de temperatura y humedad del medio ambiente, por fenómenos meteorológicos que afectan las condiciones internas de la bodega tienen una influencia decisiva para el desarrollo de los microorganismos.³⁰

c) MATERIAL EXTRAÑO: consiste principalmente de partículas más finas que las semillas, tales como semillas quebradas, semillas de hierbas, fragmentos de plantas, partes de insectos del campo como grillos y chapulines, así como partículas de suelo. Cuando el grano es depositado en silo por medio de un transportador de grano, el material extraño generalmente se separa, pero el que llega a quedar, propicia el desarrollo de hongos.¹⁸

d) TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y GRADO DE INVASION: cuanto más largo es el periodo de almacenamiento, más bajo debe ser el contenido de humedad. El grano recién cosechado que ha estado almacenado de tal modo que ya ha sido invadido, se encuentra en las primeras fases de deterioro. Si posteriormente este grano es almacenado bajo condiciones que permiten que el deterioro continúe, se desarrollará más daño en un determinado periodo y además estará sujeto a que la invasión por los hongos, y que los daños asociados continúen a contenidos de humedad y temperaturas mas bajas que en el caso de un grano perfectamente sano.¹⁸

e) **INSECTOS Y ACAROS:** contribuyen al desarrollo de los hongos de almacén aumentando el contenido de humedad del grano, y dispersando las esporas de hongos entre los granos. Como todos los seres vivos, los insectos y los ácaros transforman gran parte de su alimento en bióxido de carbono y agua, aumentando el contenido de humedad del grano en el que viven.¹⁸

1.16.8 DAÑOS CAUSADOS POR HONGOS EN GRANOS ALMACENADOS

Los daños más importantes son una marcada disminución de la germinación, decoloración de la semilla, fermentación, olor desagradable y pérdida de buen sabor, cambios bioquímicos en la semilla y pérdida de peso. Estas características afectan la calidad sanitaria y nutricional tanto de la materia prima como los productos alimenticios transformados a partir de ésta.¹⁷

Generalmente los 3 primeros tipos de daño ocurren en secuencia. La decoloración puede estar confinada a partes de la semilla o cubrirla completamente dependiendo de la especie del organismo involucrado.

A medida que las semillas alcanzan estados avanzados de deterioro, se hace evidente un olor desagradable acompañado de un aumento en la temperatura, el aumento de esta es el resultado, inicialmente de la actividad del organismo y más tarde de reacciones químicas que se llevan acabo.¹⁷

La calidad del frijol, se puede ver afectada por las micotoxinas que son metabolitos secundarios tóxicos que son metabolizados por hongos y son capaces de desencadenar diversas enfermedades en los seres humanos que se presentan al ingerir estos alimentos se les llama micotoxicosis y los efectos van a depender de la cantidad de micotoxina presente en el alimento (crónicos y agudos).

1.17 ALTERNATIVA PROPUESTA EN ESTE TRABAJO PARA DISMINUIR EL DAÑO EN GRANOS DE FRIJOL VARIEDAD PERUANO QUE OCASIONA LA PLAGA ZABROTES SUBFASCIATUS (BOHEMAN).

La preservación y conservación de las cosechas representa hoy en día una cuestión vital, toda la reserva que se destina a la alimentación del agricultor y su familia debe ser cuidadosamente beneficiada y conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo. El frijol es uno de los granos más importantes para la alimentación de la población mexicana, así como para muchos otros países en desarrollo. En estos países el frijol es producido principalmente en pequeñas superficies y los campesinos conservan parte de la cosecha para su consumo, vendiendo eventualmente los excedentes a la población urbana.

En consecuencia la preservación de la calidad del grano a nivel de pequeños productores, es de gran importancia. Esta preservación es una cuestión difícil, particularmente en aquellas áreas tropicales donde la tecnología del secado y almacenaje son deficientes o inexistentes. Los insectos y los hongos que atacan a los granos almacenados causan severas pérdidas de calidad y cantidad que tienen graves implicaciones para la disponibilidad de alimento.⁵¹

Las plagas de insectos se han combatido principalmente mediante insecticidas, los cuales no siempre dan resultados satisfactorios y en cambio presentan problemas secundarios, como la disminución del poder germinativo de la semilla, y la intoxicación de humanos, pues generalmente los campesinos desconocen como seleccionar y aplicar de manera adecuada el insecticida sin perjudicar su salud.⁴⁸

Es por ende imperativo desarrollar métodos alternativos para controlar insectos en granos almacenados que sean económicamente viables y ecológicamente orientados. El almacenamiento hermético puede ser uno de estos métodos alternativos, sin afectar la calidad sanitaria y nutricional del producto, este sistema de almacenamiento está basado en el agotamiento del oxígeno y en la evolución del bióxido de carbono en el interior de la bolsa creando una atmósfera letal para la plaga, así como creando una barrera física e impermeable al oxígeno.

Considerando lo antes señalado esta investigación se realizará con el fin de encontrar un mejor control de la plaga primaria de *Zabrotes subfasciatus* y conservar de manera óptima la calidad nutritiva del frijol peruano usando dos envases proporcionados por la compañía Cryovac Sealed Air Corporation, siendo una alternativa para la no aplicación de plaguicidas.

1.17.1 GENERALIDADES DE BOLSAS DE PLASTICO PARA ALMACENAR ALIMENTOS

La bolsa de plástico es un objeto cotidiano utilizado para envasar y transportar pequeñas cantidades de mercancías. Introducidas en los años 70, las bolsas de plástico rápidamente se hicieron muy populares, especialmente a través de su distribución gratuita en supermercados y otras tiendas. Las bolsas de plástico pueden estar hechas de polietileno de baja densidad, polietileno lineal, polietileno de alta densidad o de polipropileno, polímeros de plástico no biodegradable, con espesor variable entre 18 y 30 micrómetros. Anualmente, circulan en todo el mundo entre 500 billones y 1 trillón de estos objetos.⁷⁵

El polietileno es uno de los polímeros más simples y baratos, es de uno de los plásticos más comunes. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno, de lo cual se deriva, además, su nombre, tiene estructura $CH_2=CH_2$.⁷⁵ Es un polímero de cadena lineal no ramificada.

Posee dos tipos de densidades: Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

1.17.2 CARACTERISTICAS DE ENVASES (PEBD) Y DE (PEAD)

Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

- No tóxico
- Flexible
- Liviano
- Transparente
- Inerte (al contenido)
- Económico

Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

- Resistente a las bajas temperaturas
- Irrompible
- Liviano
- Inerte (al contenido)
- No tóxico

1.17.3 USOS GENERALES DE ENVASES (PEBD) Y DE (PEAD)

Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. Recubrimiento de acequias. Envasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc.), películas expandibles, base para pañales desechables. Bolsas para suero - Contenedores herméticos domésticos. Tubos y Pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos). Tuberías para riego.⁷⁵

Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

Envases para: detergentes, lavandina, aceites de automotor, shampoo, lácteos. Bolsas para supermercados. Cajones para pescados, gaseosas, cervezas. Baldes para pintura, helados, aceites. Tubos para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario. Bolsas tejidas.⁷⁵

1.17.4 DEFINICIONES BÁSICAS DE LAS PRINCIPALES CLASIFICACIONES DEL POLIETILENO

a) Polietileno: Polímero producido por la polimerización del monómero de etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$). Según el proceso de polimerización pueden producirse resinas plásticas de alta o baja densidad. Es una poliolefina que es un termoplástico semicristalino que se caracteriza por una buena resistencia química y buen aislamiento eléctrico. La dureza del polietileno es una consecuencia de su estructura cristalina. Cuanto mayor es su estructura cristalina, tanto más duro y rígido es el producto. Se puede transformar con facilidad por los sistemas convencionales de producción. Es uno de los grupos de plásticos más utilizados en diferentes aplicaciones, como por ejemplo envases.⁷⁶

b) **Polietileno de baja densidad:** Se produce por el proceso de polimerización a alta presión. Según este proceso se fabrica la mayor parte del polietileno. Actualmente se define solamente por su rango de densidad que va desde 0,910 kg/m³ hasta 0,925 kg/m³. Es un plástico que se utiliza principalmente para la fabricación de películas (films) debido a su tenacidad, flexibilidad y relativa transparencia. El PEBD alcanza un punto de fusión elevado, lo cual le otorga preferencia en la opción para aplicaciones donde se necesita sellado térmico. Se usa comúnmente para fabricar películas flexibles para bolsas de venta por menor u otras. EL PEBD también se utiliza en diferentes películas coextrudadas o laminadas que se utilizan para el envasado de diferentes productos alimenticios, cosméticos, etc. También se utiliza en la fabricación de tapas flexibles y botellas. Se le da mucho uso en tuberías y cables dada su propiedad de estabilidad eléctrica y características de procesamiento.⁷⁶

c) **Polietileno de baja densidad lineal:** Plástico utilizado fundamentalmente para películas (films) debido a su tenacidad, flexibilidad y relativa transparencia. El PEBDL es la resina ideal para el moldeo por inyección por su tenacidad superior, y se utiliza para artículos tales como bolsas de basura, bolsas de supermercado y recubrimiento de acequias.⁷⁶

d) **Polietileno de alta densidad:** Se produce por proceso de polimerización a bajas presiones. Actualmente se define solamente por su rango de densidad que va desde 0,941 kg/m³ hasta 0,965 kg/m³. Es una poliolefina de cadenas lineales; utilizado para fabricar botellas de leche, jugo, agua y productos de limpieza. Las botellas de PEAD no pigmentadas son translúcidas, muy buenas barrera al vapor de agua y duras. Las pigmentadas son de mayor resistencia química que las no pigmentadas, propiedad necesaria para el envasamiento de artículos de limpieza, detergentes que tienen una más larga vida. Los artículos de PEAD fabricados por inyección son resistentes a quebraduras y deformación y se utiliza, por ejemplo en botes para yogurt.⁷⁶

Dependiendo de su densidad los envases de polietileno se clasifican en:

Baja densidad: 0.910 a 0.925 kg/m³

Media densidad: 0.926 a 0.940 kg/m³.

Alta densidad: 0.941 a 0.965 kg/m³.

1.17.5 CARACTERÍSTICAS DE ENVASES DE POLITILENO

A diferencia de otros materiales como los metales, los plásticos utilizados en las bolsas son permeables a los gases. La razón de esta permeabilidad esta en su distribución molecular.⁷⁷ Esa permeabilidad varía y depende de varios factores físicos:

a) Temperatura del envase: el coeficiente de permeabilidad a los gases crece a medida que aumenta la temperatura del plástico. Hasta los 35 °C la permeabilidad es prácticamente nula, pero a partir de este valor tiene un crecimiento exponencial. Una bolsa, que expuesta al aire y al sol, toma una temperatura mayor que otra, es para un mismo espesor más permeable al oxígeno que aquella que conserve una menor temperatura. Un plástico que tome una temperatura de 50 ° C es tres veces más permeable que uno que tenga 35 ° C. Un plástico que contenga una temperatura inferior tiene mayor resistencia a la deformación ocasionada por la presión de trabajo de la embolsadora, por lo que la presión de embolsado es mayor. El polietileno utilizado como materia prima para confeccionar las bolsas, cede la temperatura que adopta al material ensilado que está en contacto con ella, por lo que puede afectar la calidad del material conservado figura 6.⁷⁷

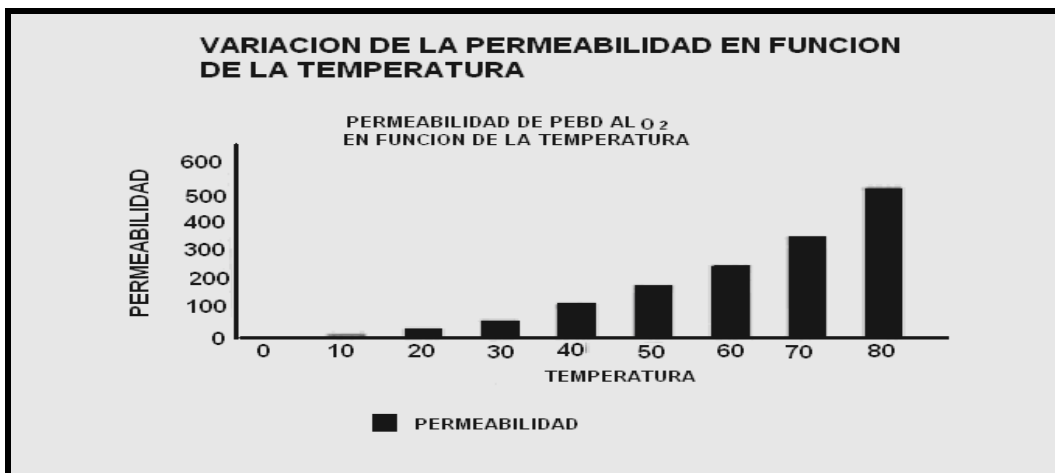


Figura 6. VARIACION DE LA PERMEABILIDAD EN FUNCION DE LA TEMPERATURA EN BOLSAS DE POLIETILENO ⁷⁷

b) Espesor del material que conforma la bolsa: A cada reducción del 50% en el espesor del plástico, duplicamos (2x) su permeabilidad a los gases. Esto adquiere mayor relevancia cuando se utilizan plásticos de bajo espesor y en la confección lo sobreestiramos, en este caso, la cubierta puede no cumplir con la finalidad para la cual fue hecha figura 7.⁷⁷

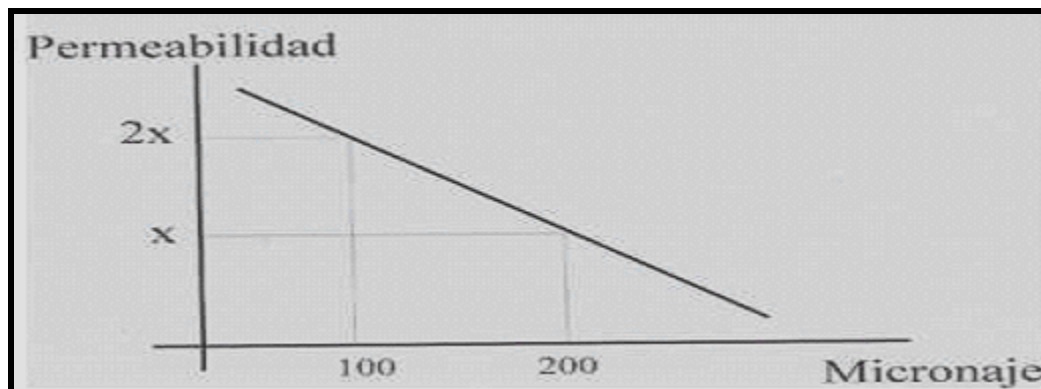


Figura 7. VARIACION DE LA PERMEABILIDAD EN FUNCION DEL ESPESOR DE LA BOLSA DE POLIETILENO

Este comportamiento del plástico puede ser minimizado si utilizamos bolsas que contemplen el uso de polietilenos de excelente calidad y estén correctamente aditivadas con dióxido de titanio, negro de humo, estabilizantes a los rayos ultravioleta, barreras de oxígeno, etc. Se deben elegir bolsas que soporten el manipuleo, presentando la mayor resistencia a rasgaduras y perforaciones.⁷⁷

c) ESPESOR: es la principal barrera, junto a la temperatura que adopte el plástico, contra la penetración del aire al interior de la bolsa tipo silo en la postconfección. A mayor espesor, mayor resistencia a la penetración de oxígeno y mejor conservación, se mide en micrones, y varían según la marca de bolsa.⁷⁷

d) REMANENTE DE OXIGENO: La disponibilidad de O_2 , el porcentaje de humedad y la temperatura son los factores que afectan la velocidad de respiración de los granos. En un primer momento, cuando llenamos la bolsa, queda un remanente de O_2 , que permitirá a los granos seguir respirando (consume sustancias de reserva, pierde peso, disminuye el poder germinativo y el valor alimenticio, etc.), como también la multiplicación de microorganismos aeróbicos que utilizan a los granos como alimento para su crecimiento. Este proceso provoca un aumento de la temperatura ya que son procesos que liberan calor.⁷⁸

La cantidad de O_2 que queda dentro de la bolsa depende del tamaño de grano utilizado para llenar la bolsa y condición de llenado. Granos enteros o netos desalojan mayor cantidad de aire que si guardamos granos partidos o con resto de plantas.

e) **LA HERMETICIDAD DE LA MEMBRANA PLASTICA:** Debemos recordar que los plásticos expuestos al medio ambiente tienen un equilibrio entrópico que define sus propiedades físico-mecánicas (resistencia a elongación, longevidad, permeabilidad, etc.). Cuando sobreestiramos la membrana plástica, modificamos ese equilibrio, por lo tanto cambiamos de igual forma las propiedades del plástico. En bolsas con estiramientos medios el plástico debe presentar una permeabilidad mínima.⁷⁸

1.17.6 ALMACENAJE DE GRANOS

La instalación de estructuras de almacenaje permanentes (silos, celdas, etc.) no está al alcance de la mayoría de los productores, debido a la alta inversión inicial requerida y a la falta de créditos accesibles. Desde hace unos años en Argentina, los mismos productores en su afán de solucionar sus problemas de déficit de almacenaje, han adaptado el sistema tradicionalmente usado en el almacenaje de grano húmedo para almacenar granos secos. Esta técnica consiste en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas herméticas, donde el proceso respiratorio de los integrantes bióticos del granel (granos, hongos, insectos, etc.) consume el oxígeno (O₂) generando dióxido de carbono (CO₂). La constitución de esta nueva atmósfera, rica en CO₂ y pobre en O₂, suprime, inactiva o reduce la capacidad de reproducción y/o desarrollo de insectos y hongos, como así también la propia actividad del grano, facilitando su conservación.⁷⁹

La mayor ventaja que los productores encuentran en el uso de las bolsas plásticas para almacenar granos secos es que es un sistema económico y de baja inversión. El costo de comercialización del grano durante la época de cosecha es mayor que en el resto del año. Algunos estudios establecen que la diferencia entre enviar el grano al acopio o embolsarlo por un período de tres-cuatro meses genera un ahorro a los productores dependiendo de la distancia a puerto, sistema de comercialización, etc. Además de estas ventajas económicas, las bolsas plásticas permiten almacenar granos de manera diferenciada, separando granos por calidad, variedad (diferentes tipos de semillas), etc. sin gran trabajo y con alta seguridad de mantener el material diferenciado.¹³

Por otra parte, las bolsas plásticas permiten el almacenaje de los granos en el mismo lote de producción, haciendo más ágil la cosecha. Durante la cosecha el sistema de transporte y la recepción de granos en el acopio constituyen verdaderos cuellos de botella. La demanda de

camiones durante la cosecha nunca llega a ser satisfecha, ocasionando incremento de precios del flete y problemas de logística en las empresas agropecuarias.⁷⁹

Los productores no son los únicos beneficiados por el uso de las bolsas plásticas. Los acopios encuentran en las bolsas un sistema flexible que les permite incrementar su capacidad de almacenaje según las necesidades de acopio que tengan en un año en particular. Si la cosecha es importante, pueden embolsar parte del grano recibido, sin necesidad de realizar grandes inversiones. En cambio si la cosecha es inferior a la planificada, los acopios no se quedan con capacidad ociosa, maximizando la rentabilidad de sus instalaciones.⁷⁹

La proyección de la expansión del almacenaje en bolsas para los próximos años puede ser aun más importante de lo experimentado hasta el momento. Por los motivos expuestos surge la necesidad de generar información confiable que ayude a los productores a implementar esta técnica de manera correcta, a los fines de minimizar las pérdidas de calidad y maximizar las prestaciones de este sistema.⁷⁹

1.17.6.1 ALMACENAMIENTO HERMÉTICO

Para que un sistema de almacenaje sea exitoso es necesario que se creen dentro del granel condiciones desfavorables al desarrollo de insectos y hongos y que además disminuya la propia actividad de los granos. El principio básico del almacenaje hermético es la eliminación del oxígeno existente en el depósito hasta un nivel que suprima o inactive la capacidad de reproducción y/o desarrollo de insectos plagas y hongos. Los procesos respiratorios de los integrantes bióticos del granel (granos, insectos, hongos, etc.) consumen el oxígeno existente en el ambiente, produciendo dióxido de carbono. Como el almacenaje hermético impide el pasaje de aire y gases entre el interior y el exterior del recipiente, una vez que la atmósfera se modifica, no se vuelven a crear condiciones favorables para el desarrollo de plagas, asegurándose su conservación en el tiempo. La energía que necesitan los seres vivos para crecer y desarrollarse se obtiene del proceso respiratorio y conforma una serie compleja de reacciones químicas iniciadas por enzimas presentes en los propios organismos. En presencia de O₂ se produce la respiración aeróbica, con la combustión completa de los hidratos de carbono, pasando de productos complejos como almidón, a CO₂, agua y energía.⁷⁹

Parte de esa energía se transformará en calor, debido a reacciones exotérmicas y otra será utilizada para la síntesis de otros compuestos.⁷⁹ En ausencia de O₂ algunos organismos, como levaduras y bacterias, pueden vivir y desarrollarse descomponiendo hidratos de carbono en forma incompleta produciendo ácido láctico, acético y alcoholes. Esta reacción se llama fermentación, libera mucho menos calor que en presencia de aire y se produce en ambientes herméticos con un alto grado de humedad.

El almacenamiento hermético de alimentos es una técnica muy antigua y ha adquirido diferentes formas a través del tiempo. Hoy vuelve a resurgir en la forma de las bolsas plásticas. Si bien esta técnica no ha adquirido un desarrollo muy importante hasta el momento, se ha utilizado para la preservación de alimentos en situaciones particulares o de alimentos con valor agregado.⁷⁹

1.17.6.2 ALMACENAMIENTO EN BOLSAS PLASTICAS

Las bolsas plásticas pueden ser un tipo especial de envase hermético. La mayoría de los trabajos realizados hasta el momento han sido experimentos de laboratorio o en bolsas a escala, en donde se trató de determinar el efecto de la humedad de almacenaje sobre la calidad de los granos de trigo, maíz y girasol. Estos trabajos, aunque útiles, son sólo aproximaciones preliminares. No se han realizado en el país hasta el momento trabajos con rigor científico en bolsas de tamaño comercial.⁷⁹

El CIAT ha realizado ensayos en laboratorio almacenando granos de trigo en bolsas plásticas herméticas con humedad de 12, 14 y 16% a 22-23 °C durante 60, 116, 136 y 208 días. La humedad inicial del trigo fue de 12%, el cual fue rehumedecido hasta alcanzar el 14 y 16%. El poder germinativo (PG) inicial fue de 94%, el cual se mantuvo en las bolsas con trigo almacenado a 12% de humedad durante 208 días, en tanto que a 14% de humedad el PG final se redujo a 62%, y a 3% a 16% de humedad. La calidad panadera también fue afectada por la relación humedad tiempo de almacenamiento. A 12% de humedad la calidad panadera se mantuvo durante todo el período de almacenamiento, en tanto que a 14% se observó un deterioro, y a 16% el deterioro fue mucho mayor.⁷⁹

En sus investigaciones, se realizó un ensayo embolsando 20 toneladas de trigo a 13% de humedad, donde encontró que el PG (96% inicial) y la calidad panadera no fueron afectados

durante el período de almacenamiento, pero no se informa el tiempo de almacenamiento. A su vez recomienda que a 13% de humedad no se superen los 60 días de almacenamiento, y si se quiere almacenar por más de 60 días se debe secar el grano por lo menos a 11%.

Bartosik y Rodríguez (2000) realizaron ensayos embolsando maíz en bolsas de 50 kg a 13.6, 15 y 17% de humedad durante un período de cuatro meses. La calidad comercial del maíz (grano dañado y peso hectolítrico) no se afectó luego de los cuatro meses de ensayo en las bolsas con 13.6% de humedad, en tanto que a 15% la calidad comienza a deteriorarse a partir de los 2 meses, y a 17% el deterioro comienza antes de los 2 meses.

Los mismos autores hicieron estudios en una bolsa con 3500 Kg. de maíz a 14% de humedad. Encontraron que la oscilación diaria de la temperatura alcanza los primeros 15-20 cm. superficiales, mientras que el resto del grano no sufre alternancias diarias de temperatura.⁷⁹

Trabajando con girasol se envaso semillas en bolsones plásticos en condiciones de campo (no laboratorio) en tres rangos de humedades, 8-10%, 10-12% y 12-14% a partir del mes de marzo. Se informó no haber observado aumento de la temperatura de la semilla durante el ensayo. Las determinaciones de calidad establecieron que con humedades hasta 12% no se observó aumento considerable de la acidez en los primeros cuatro meses. Además, la semilla se conservó bien durante cuatro meses a 12-14% y hasta siete meses con menos de 12%. Al finalizar el ensayo la acidez de la semilla en las bolsas era de 1 a 2.2% y en las celdas (testigo) era de 1.6%.¹³

El almacenaje en bolsas además de crear un ambiente poco favorable para el desarrollo de insectos en su interior, también reduce notablemente la posibilidad de contaminación del granel.⁷⁹

Las vías de infestación en los gráneles pueden ser: 1) en el campo, 2) en instalaciones contaminadas previo al ingreso del grano y 3) infestación posterior de granos ya almacenados.⁷⁹

Con el almacenaje en bolsas plásticas la única vía posible de infestación es en campo. Si el grano viene con insectos desde el campo, estos van a ingresar a la bolsa junto con los

granos. En cambio, la segunda vía no es factible debido a que las bolsas son descartables por lo que no hay posibilidad que estén contaminadas antes de su uso. Este es un aspecto muy importante porque esta segunda alternativa generalmente es la fuente más importante de contaminación del granel. La tercera vía también es eliminada, ya que la bolsa cerrada herméticamente constituye una barrera que impide la entrada de cualquier tipo de insectos.⁷⁹

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres envases de polietileno en la conservación de la calidad del frijol, infestado con *Z. subfasciatus*.

Objetivos particulares

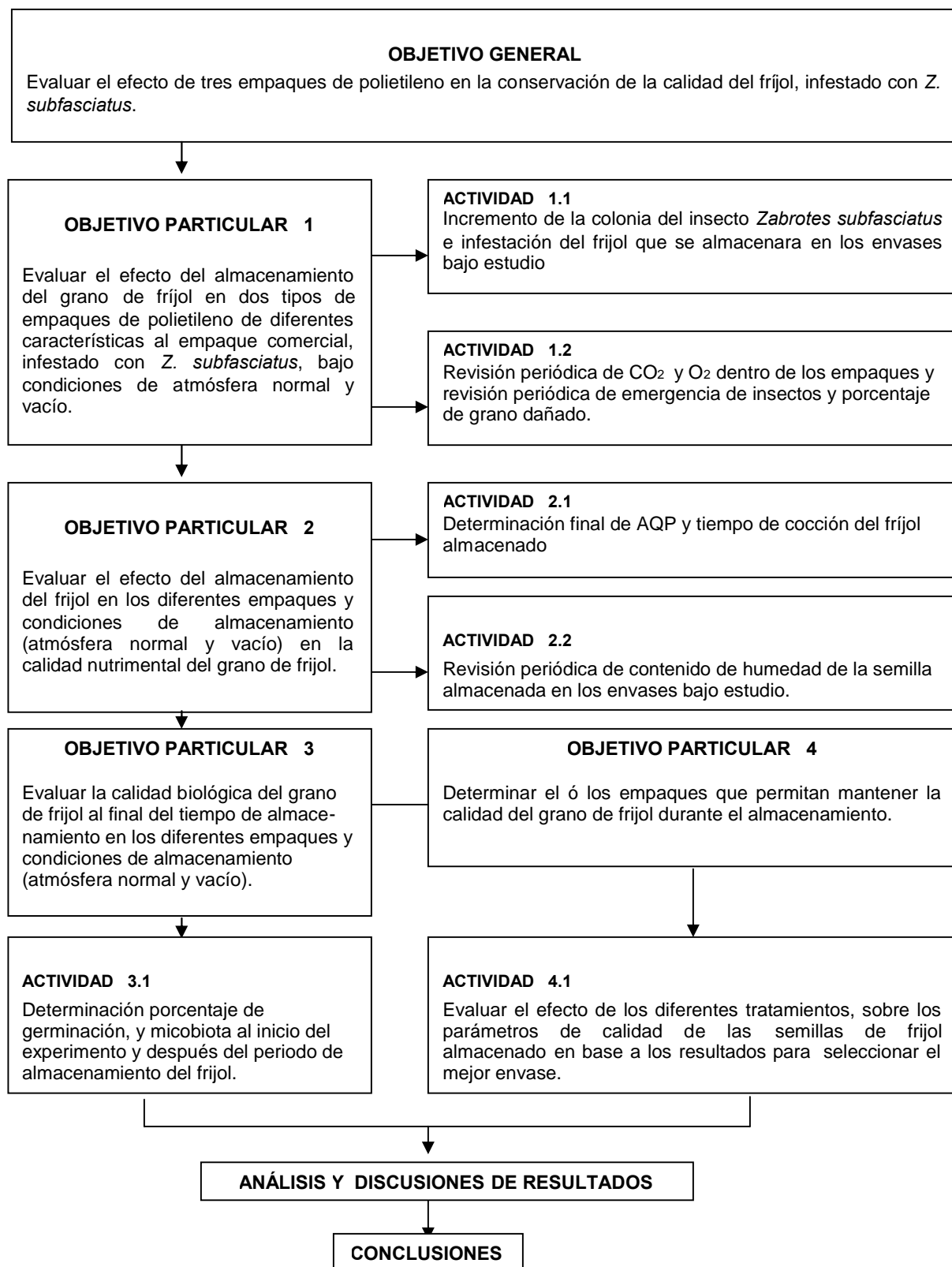
1. Evaluar el efecto del almacenamiento del grano de frijol en dos tipos de envases de polietileno de diferentes características al envase comercial, infestado con *Z. subfasciatus*, bajo condiciones de atmósfera normal y vacío.
2. Evaluar el efecto del almacenamiento del frijol en los diferentes envases y condiciones de almacenamiento (atmósfera normal y de vacío) en la calidad nutrimental del grano de frijol.
3. Evaluar la calidad biológica del grano de frijol al final del tiempo de almacenamiento en los diferentes envases y condiciones de almacenamiento (atmósfera normal y de vacío).
4. Determinar el ó los envases que permitan mantener la calidad del grano de frijol durante el almacenamiento.

HIPÓTESIS

- Los envases de polietileno modificado (alta densidad) crearan un efecto de hermeticidad por sus características diferentes al las del polietileno usado actualmente y no permitirán el desarrollo del gorgojo *Z. subfasciatus*.

3. DESARROLLO METODOLOGICO

3.1 Cuadro metodológico.



3.2 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Este proyecto de investigación se desarrolló en la Unidad de Investigación en Granos y Semillas (UNIGRAS), ubicada en el Centro de Asimilación Tecnológica y Vinculación (CAT), de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

La UNIGRAS se estableció en la FES Cuautitlán en el año de 1996. El objetivo principal es el de realizar investigación y desarrollo tecnológico útil de alta calidad, enfocada a reducir las pérdidas, cuantitativas y cualitativas de los granos y semillas en su etapa de poscosecha.

Con el propósito de lograr los objetivos de esta investigación se utilizaron las siguientes áreas:

LABORATORIO DE CALIDAD DE GRANOS Y SEMILLAS: aquí se desarrollan las actividades de recepción y selección de granos y semillas, además se realizan pruebas de germinación, vigor. En esta área se cuenta con estufas para la determinación del contenido de humedad, también cuenta con refrigeradores donde se mantiene la calidad de las semillas.

LABORATORIO DE MICOLOGÍA: se realizan actividades enfocadas a estudiar la patología de las semillas, donde se analizan cepas de hongos que atacan granos y semillas. Se cuenta con varios microscopios para la identificación y cuantificación de hongos y en este lugar se encuentran ubicadas incubadoras y mesas de trabajo.

LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA: se realizan actividades como el manejo de los diferentes plagas de insectos de almacén, cuenta con un cuarto de cría de insectos donde se mantienen las diferentes especies que son utilizados en los proyectos de investigación. Este cuarto presenta un ambiente con humedad, temperatura y fotoperíodo controlados. Además se cuenta con un cuarto de bioensayos de insectos, donde se hacen observaciones de los patrones de comportamiento de los insectos bajo estudio.

CUARTO DE CULTIVO DE HONGOS: se realizan actividades de vaciado de los medios de cultivo, inoculación de los granos y semillas con los hongos fitopatógenos, desinfección de

semillas con soluciones de cloro, la campana de este lugar tiene como función el crear un espacio libre de hongos al eliminar sus esporas.

Las determinaciones de análisis fisicoquímicos se determinaron en Cuautitlán Campo 1, en el laboratorio de análisis fisicoquímicos.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLOGICO

1) Lo primero que se realizó fue lo siguiente: incrementar la población existente de los brúquidos de *Zabrotes subfasciatus* en el laboratorio de entomología siguiendo las recomendaciones correspondientes por el Doctor Sergio Jiménez.

2) Al obtener la cantidad suficiente de insectos se infestaron 50 kg del frijol variedad peruano, esta cantidad se dividió en 4 lotes de 12.5 kg y se adaptaron 4 garrafones de agua con una capacidad de 20 litros c/u en los cuales se colocaron en c/u 12.5 kg del frijol. Los insectos se dejaron durante 5 días para que en este tiempo ovipositaran el grano; al término de este tiempo, fueron retirados los insectos y el grano de los 4 garrafones ya ovipositado, fue homogeneizado para su posterior utilización para el llenado de los diferentes tipos de envases de polietileno propuestos para la experimentación.

3) Dentro de cada envase ó bolsa utilizada se colocaron 200 g del frijol ovipositado, sin presencia de insectos adultos. Las bolsas individuales se identificaron de la siguiente manera: PBD (bolsa de polietileno de baja densidad), PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales), PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío), 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales) y 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) se almacenaron en la cámara a 28° C +/- 2 con 75 % de humedad relativa y un fotoperíodo de 18 horas luz y 6 oscuridad por 104 días de almacenamiento que fue lo que duro el experimento.

4) La determinación de AQP análisis químico proximal se determina al inicio del experimento antes someter al frijol al contacto con la plaga y esta determinación se vuelve a realizar después del periodo de 104 días de almacenamiento llevando acabo las siguientes pruebas por triplicado: Cenizas (Método cenizas totales A.O.A.C.), Proteína cruda (Método de Micro

Kjeldahl A.O.A.C), Grasa cruda o extracto etéreo (Método de Soxhlet A.O.A.C.), Contenido de humedad (Método de secado en estufa A.O.A.C.)

5) La determinación de porcentaje de germinación se realizó al inicio y después del periodo de almacenamiento para cada tratamiento se obtuvo el porcentaje de germinación, según la Association of Official Seed Analysts (AOSA), mencionado por Moreno, 1996.

6) La determinación de micobiota se llevó a cabo para tener un registro de los hongos de campo y almacén, presentes en el lote de frijol que se utilizó para el experimento, al inicio y termino de este, y así poder comparar al final del experimento que relación se presenta en los diferentes tipos de empaques, si se modifica el porcentaje de infestación de los hongos.

7) Tiempo de cocción esta determinación se realizó con una muestra inicial del lote de frijol que se iba almacenar y se volvió a determinar para cada tratamiento al final del tiempo de almacenamiento.

8) La determinación de humedad en los granos y semillas se realizó en cada muestreo a las unidades experimentales de cada tratamiento por duplicado, realizada según las reglas internacionales aprobadas por el ISTA (International Seed Testing Association 1999).

9) Los cambios de O₂ y CO₂ que se presentaron dentro de los empaques se determinaron con el equipo analizador de gases digital ILLINOIS 6600, Esta determinación se llevo a cabo cada 6 días en total se toman 9 muestreos, se procedía a tomar de cada tratamiento 3 envases, ya estando listo el equipo analizador de gases digital se introducía la aguja del equipo en el envase que contiene los granos de frijol, y se tomaba la lectura tanto de oxígeno como de dióxido de carbono.

10) Para las determinaciones de emergencia y grano dañado se realizaron 12 muestreos por triplicado, ya que a partir del día 20 de almacenamiento es cuando se presenta por lo regular las primeras emergencias de insectos. El porcentaje de grano dañado se realizó cuantificando el total del grano contenido en los envases de cada tratamiento para obtener el porcentaje lo mas real posible tomando como daño la presencia de cavidades pupales y ventanas abiertas en los granos de frijol.

11) Al final de la experimentación se sistematizaron los resultados para el análisis estadístico, realización de las graficas y tablas a utilizar en la presentación de los resultados; ya con esto se procedió a describir los resultados y su discusión.

12) Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 16 X 5 donde: 16 son los muestreos realizados y 5 son los tratamientos (bolsa comercial, PCN, PCV, 2N y 2V); con tres repeticiones. Dando como resultado 240 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó en el programa SPSS 12.0 para windows student version, para las variables donde el análisis de varianza resultó con diferencia significativa; se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con $\alpha=0.05$

13) Las variables dependientes fueron: oxígeno, dióxido de carbono, contenido de humedad, emergencia de insectos, grano dañado, análisis químico proximal, micobiota, germinación y tiempo de cocción.

Las variables independientes fueron tiempo de almacenamiento y los 3 envases el de polietileno (PBD) cerrado normal el cual seria nuestra referencia y las dos propuestas de envases usados con cerrado normal (PCSN Y 2150N) y bajo condiciones de vacío (PCSV Y 2150V).

3.3 MATERIALES METODOS

3.3.1 MATERIAL BIOLÓGICO DE EXPERIMENTACIÓN

Gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* Boh. Los insectos fueron obtenidos del Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados de Montecillos Edo. de México. Los insectos que se utilizaron en el presente trabajo fueron obtenidos de la colonia mantenida en el laboratorio de Entomología de la UNIGRAS.

Se utilizó grano de frijol variedad Mayocoba (Peruano), producido en la entidad de Sinaloa Culiacán y adquirido en la central de abastos de Tultitlan estado de México.

3.3.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS DOS BOLSAS ESPECIALES DE POLIPROPILENO Y LAS CARACTERISTICAS DE LA BOLSA DE POLIETILENO NORMALMENTE USADA PARA ALMACENAR FRIJOL.

LA BOLSA DE POLIETILENO USADA ACTUALMENTE (PBD) 80

Descripción: Película en rollo para uso de envase automático.

Material: Es fabricado de polietileno de baja densidad o polipropileno.

Medidas: De 4cms. hasta 100cms.

Calibre: Comúnmente se maneja en calibre 200 a 700 milésimas de pulgada.

Usos Típicos: Generalmente se fabrica para las empacadoras de grano o bien para envases de productos alimenticios, en presentaciones de varias medidas. Para empacar artículos como: Frijol, azúcar, arroz, etc.

Impresión: Puede ser impresa desde una, hasta seis tintas por ambas caras.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS DOS BOLSAS PROPUESTAS PARA LA INVESTIGACIÓN

PROPUESTA 1

ESPECIFICACIONES PARA BOLSAS DE MATERIAL PCS

(PCSN = SELLADA A CONDICIONES DE ATMOSFERA NORMAL)

(PCSV = CERRADA AL VACIO)

DESCRIPCION DEL MATERIAL.

Estas bolsas están fabricadas con material laminado por el proceso de coextrusión para otorgarle así propiedades finales de resistencia al daño físico y una excelente barrera para el oxígeno. Tiene una capa exterior de nylon y el sellante es a base de polietileno modificado. La temperatura de sellado puede variar dependiendo de la máquina en que se use pero se recomienda un rango de temperatura de 120 a 150°C.

ESPEORES DISPONIBLES (milésimas de pulgada)

MATERIAL	ESPEOR NOMINAL	TOLERANCIAS	TOLERANCIAS
PCS	2.5	MIN 2.12	MAX 2.87

PROPIEDADES FISICAS

TRANSMISION DE VAPOR DE AGUA: (gr / m² / 24 hs a 38°C Y 90 % H.R.)

MATERIAL	GR/M ² /DÍA
PCS	14

TRANSMISION DE OXIGENO: (cc/m²/día a 23°C, 0% H.R.)

MATERIAL	CC/M ² /DÍA
PCS	5

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y VIDA UTIL

Se recomienda no almacenar el producto a la intemperie o a temperaturas superiores a 32°C con lo que se garantiza un tiempo de vida de 18 meses.

PROPUESTA 2

ESPECIFICACIONES PARA BOLSAS DE MATERIAL 2150 (2150N SELLADA A CONDICIONES DE ATMOSFERA NORMAL) (2150V CERRADA AL VACIO)

DESCRIPCION DEL MATERIAL

Película tubular transparente, con alto brillo, fabricada por medio de proceso de coextrusión para combinar diferentes capas de materiales que le dan la característica de mayor resistencia al abuso, mejores propiedades de encogimiento y la propiedad de Barrera al Oxígeno para mantener la calidad y frescura de su producto.

ESPEORES DISPONIBLES (milésimas de pulgada)

MATERIAL	ESPEOR NOMINAL	TOLERANCIAS	TOLERANCIAS
2150	2.2	MIN 1.65	MAX 2.75

PROPIEDADES FISICAS

TRANSMISION DE VAPOR DE AGUA: gr (a 37.7°C por 0.064516 m² en 24 hrs a 100% HR.)

MATERIAL	GR/in²/DÍA
2150	0.6 MAXIMO

TRANSMISION DE OXIGENO:

cm³ (a 4.4°C/ m² / 24 hrs, 1 atm y 0% HR.)

MATERIAL	CC/M²/DÍA
2150	MENOR DE 6

Encogimiento Libre a 85° C; (%)

LONGITUDINAL	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	TRANSVERSAL
MINIMO	PROMEDIO	MINIMO	PROMEDIO
23	36	34	39

ELONGACION; % a ruptura

LONGITUDINAL	TRANSVERSAL
140	160

ORIGEN DE PROPUESTAS DE ENVASE PARA ALMACENAR FRIJOL

Las bolsas propuestas para la experimentación fueron proporcionadas por Cryovac empresa donde fabrican envases y sistemas para satisfacer las necesidades del mercado. Trabajando estrechamente con los autoservicios, las industrias de los procesadores de alimentos y de servicios alimenticios (Food Service), han desarrollado sistemas de envasado que permiten una distribución segura y eficiente de alimentos perecederos en todo el mundo.

3.3.3 MANEJO INICIAL DEL LOTE DE FRIJOL

Al hacer la recepción del grano de frijol mayocoba peruano, éste se limpió, quitando las impurezas y materiales extraños como residuos vegetales, cuerpos extraños, piedras, etc.

Al frijol se le realizaron pruebas físicas y biológicas para conocer el estado que guarda el grano. Para la toma de muestras de trabajo primeramente se homogenizó el lote de grano, para ser utilizado en los experimentos de almacenamiento.

El grano de frijol se colocó durante 48 horas en el congelador a 0 ° C para eliminar posibles huevecillos y larvas de insectos que pudieran traer del campo o de la bodega y evita posibles alteraciones de los resultados.

3.3.4 DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Se utilizó el método directo de la estufa por ser el de mayor precisión, el contenido de humedad se determinó en base húmeda; este método tiene la desventaja de ser tardado ya que su funcionamiento es a base de corrientes de aire caliente que van eliminando la humedad de los granos durante un tiempo determinado para cada especie de grano.

Para determinar el contenido de humedad (C.H.) de los granos se somete a secado una muestra de granos de peso conocido al secado y se calcula el porcentaje de humedad a través del peso que se pierde durante el proceso. Para obtener el porcentaje de humedad se divide la pérdida de peso de la muestra entre el peso original de ella y el resultado se multiplica por 100 (Moreno 1996).

$$\text{Contenido de humedad (en \%)} = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

Pi = peso de la muestra antes del secado

Pf = peso de la muestra después del secado

Para la determinación de humedad en los granos y semillas se basa en las reglas internacionales aprobadas por el ISTA (International Seed Testing Association 1999). En este método se recomienda el secado de granos de frijol a $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un período de 72 horas. (Arias, 1993 y Moreno, 1996)

Para determinar el C.H. por medio de estufa se pesan cajas de aluminio previamente lavadas y secadas en estufa hasta peso constante, eliminándose toda la humedad, se les colocan entre 5 y 8 g de grano de la muestra por duplicado y se toma el peso del grano con la caja, se colocan en la estufa previamente calibrada a $103\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 72 hrs, transcurrido el tiempo se sacan las cajas y se colocan en un desecador para bajar la temperatura y evitar que adquieran humedad del medio ambiente, posteriormente se toma el peso de las cajas con los granos secos y se aplica la fórmula antes mencionada.

3.3.5 DETERMINACION DE LA GERMINACIÓN DEL FRIJOL

Se tomó una muestra de grano de frijol del lote previamente homogenizado para obtener una representatividad del total del lote a trabajar. Se realizó la prueba de germinación por medio de rollos de germinación. En papel absorbente húmedo se colocaron 50 granos de frijol y se distribuyeron alternadamente para evitar amontonamiento y contaminación, posteriormente se cubrieron con otro papel enrollándolos, se hicieron 4 repeticiones por duplicado, se metieron en bolsas plásticas con perforaciones para evitar el exceso de humedad y se colocaron en paneras en incubadoras a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, se hizo una primera evaluación a los cinco días y después a los nueve días, haciendo conteo de las semillas germinadas, duras y muertas sacando promedios y se obtuvo el porcentaje de germinación, según la Association of Official Seed Analysts (AOSA), mencionado por Moreno, 1996.

3.3.6 DETERMINACIÓN DE MICOBIOTA

Se llevó a cabo la micobiota para tener un registro de los hongos de campo y almacén presentes en el lote de frijol que se utilizó para el experimento, y así poder comparar al final del experimento que relación se presenta en los diferentes tipos de empaques, si se modifica el porcentaje de infestación de los hongos. Se utilizaron dos medios de cultivo para determinar la micobiota, malta sal agar (MSA) para hongos de almacenamiento que se desarrollan en el almacenamiento y papa dextrosa agar (PDA) para hongos de campo (Moreno, 1996).

Se tomaron 100 granos de la muestra, se colocaron en un frasco con hipoclorito diluido en agua al 3 % y se agitaron durante un minuto, se les quito el exceso de la solución poniéndolas sobre papel absorbente y se procedió a sembrar en las cajas de petri; lo anterior para cada medio de cultivo MSA y PDA; posteriormente se colocaron en una panera y se metieron en incubadora a 25 °C, haciendo revisiones a los cuatro y ocho días tomando como porcentaje cada grano invadido por colonia e identificando los hongos desarrollados en medio de montaje de alcohol polivinílico.

3.3.7 (AQP) ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LAS SEMILLAS DE FRIJOL

CENIZAS

Método cenizas totales A.O.A.C. ⁵

Materiales

- Mufla
- Desecador
- Pinzas para crisol
- Mechero
- Crisoles
- balanza

Procedimiento

Se pesaron de 3 a 5 gramos de muestra de frijol molido dentro de un crisol, que fue puesto a peso constante durante 2 horas aproximadamente a 600 ° C, se calcinó la muestra primero

con el mechero en la campana de extracción hasta que ya no desprendió humo y posteriormente se metió a la mufla por 2 horas cuidando que la temperatura no pasara de 530 ° C. Se repitió la operación anterior si era necesario hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises, homogéneas. La muestra se enfrió en el desecador y se peso, la prueba se realizo por triplicado.

Calculo de % de cenizas = $((W3 - W2) / W1) \times 100$

Donde:

W1 = peso de la muestra (g) antes de la desecación

W2 = peso del matraz sin grasa (g)

W3 = peso del matraz con grasa (g)

PROTEINA CRUDA

Método de Micro Kjeldahl A.O.A.C. ⁵

Materiales

- Matraz kjeldahl
- Digestor
- Destilador
- Soporte universal
- Bureta graduada de 50 ml
- Matraz erlenmeyer de 250 ml
- Pinzas para tubos
- Pipetas graduadas
- Probeta de 100 ml

Reactivos

- ácido sulfúrico concentrado 93-98%
- hidróxido de sodio 40%
- ácido clorhídrico 0.01 N
- ácido bórico 4%
- catalizadores sulfato de cobre pentahidratado, sulfato de potasio
- indicadores rojo de metilo, verde de bromocresol

Procedimiento

Se pesaron 0.1 g de muestra y se introdujo en un tubo de digestión Kjeldahl, 0.2 g de sulfato de cobre pentahidratado, 1.5 g de sulfato de potásio o y 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se encendió el digestor y se precalentó a la temperatura requerida, se colocaron los tubos en el bloque de calentamiento, se acciono la trampa de succión de gases antes de que se produzcan estos ya que son muy tóxicos se calentó hasta la total destrucción de la materia orgánica (hasta que el liquido quede transparente con una coloración verdosa clara. Una vez finalizada la digestión se dejaron enfriar las muestras.

En un matraz erlenmeyer de 250 ml se adicionaron 50 ml de ácido bórico 4% y una gotas de indicador rojo de metilo y bromocresol.

Se encendió el equipo de destilación y se enjuago con una solución de ácido acético al 5%. Una vez limpio se aseguro de que las llaves de descarga estuvieran cerradas. Se coloco el matraz en el equipo de destilación cuidando de introducir la alargadera hasta el fondo de la solución para una correcta recolección.

Se puso en la copa superior del equipo la muestra tibia con 5ml de agua, se abrió la primera llave de descarga y se dejo caer la muestra y posteriormente se cerró. Se agrego en la copa 10 ml de NaOH 40% y se descargo la solución.

Se dejo destilar la muestra hasta alcanzar un volumen de destilado de 90-100 ml una vez finalizada la destilación se lavo el equipo con agua destilada.

Se destilo el exceso de ácido con una solución de HCL 0.01N. y se realizo una prueba en blanco empleando la misma cantidad de catalizador y ácido sulfúrico, se repitió la prueba por triplicado.

Cálculo de % de Proteína

$$\% \text{ N total} = ((V2 - V1) (N) (0.014)/W) \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = (\text{factor general}) (\%N)$$

W = peso de la muestra (g)

V1 = volumen (ml) de la solución de HCL requerido para la prueba en blanco

V2 = volumen (ml) de la solución de HCL requerido para la muestra problema

N = normalidad del HCL

Factor general 6.25

GRASA CRUDA O EXTRACTO ETereo

Método de Soxhlet A.O.A.C.⁵

Materiales

- matraz bola fondo plano
- perlas de ebullición
- cartuchos
- extractor
- refrigerante
- parrilla
- desecador
- soporte universal
- pinzas de 3 dedos
- papel filtro
- mangueras
- éter etílico

Procedimiento

Se puso a peso constante un matraz bola con perlas de ebullición en la estufa a 103 ° C por 2 horas aproximadamente.

Se pesaron 4-5 g de muestra de frijol libre de humedad sobre papel poroso, se enrolló y colocó en un cartucho, se tapo con algodón y se colocó el cartucho en el extractor.

Se conectó el matraz al extractor y este al refrigerante, se agregaron dos cargas de éter etílico por el refrigerante y se calentó el matraz con una parrilla a ebullición suave.

Se verificó que fuera extraída toda la grasa y se dejó caer una gota de la descarga sobre papel filtro, al evaporarse el éter no debía dejar residuo de grasa.

Una vez que se extrajo toda la grasa, se quitó el cartucho con la muestra desengrasada se siguió calentando hasta la casi total eliminación del éter recuperándolo antes de que se descargara. Se quitó el matraz y se secó el extracto a 75-80 °C por 30 minutos, se enfrió y pesó. Se repitió la prueba por triplicado.

Cálculo de % Grasa extraíble = $((W3 - W2) / W1) \times 100$

Donde:

W1 = peso de la muestra antes de la desecación

W2 = peso del matraz sin grasa

W3 = peso del matraz con grasa

3.3.8 INCREMENTO DE LA POBLACION DE *Z. subfasciatus* E INFESTACION DEL LOTE DE FRIJOL QUE SE ALMACENARA DENTRO DE LOS DIFERENTES ENVASES A PROBAR.

Con la finalidad de disponer de gorgojos suficientes para llevar a cabo el experimento se incremento la población existente de los brúquidos de *Zabrotes subfasciatus* en la cámara de cría siguiendo las recomendaciones del CIAT.²⁰

Se usó la variedad de frijol mayocoba peruano y se infesto con la especie *Zabrotes subfasciatus* en estudio.

Se colocaron en cinco frascos de vidrio con una capacidad de 5 kg, 1.5 kg de frijol en cada uno y se introdujeron aproximadamente 200 insectos de ambos sexos en cada frasco. Estos frascos ya cubiertos por una malla para evitar el escape de los insectos y facilitar la alimentación de oxígeno, se colocaron en la cámara de cría a 28 ° C ±2 con 75 % de humedad relativa y un fotoperíodo de 18 horas luz y 6 oscuridad hasta obtener la siguiente generación.

Al obtener la cantidad suficiente de insectos de la F1 (generación) se infestaron 50 kg del frijol, esta cantidad se dividió en 4 lotes de 12.5 kg y se adaptaron 4 garrafones de agua con una capacidad de 20 litros c/u en los cuales se colocaron en c/u 12.5 kg del frijol.

Dentro de cada garrafón ya con el frijol depositado en c/u se procedió a infestar cada garrafón con 600 insectos de ambos sexos, se selló la parte superior del garrafón con una malla que dejara respirar a los insectos y se procedió a meterlos en la cámara de cría a 28° C +/- 2 con 75 % de humedad relativa y un fotoperíodo de 18 horas luz y 6 oscuridad.

A los 5 días se sacaron los contenedores (garrafones de agua de 20 litros) de la cámara y se procedió a separar los insectos del frijol ovipositado usando tamices. Inmediatamente se homogenizó todo el frijol y se realizó el envasado del frijol en los tres diferentes tipos de envases de polietileno propuestos para la experimentación. Dentro de cada envase ó bolsa utilizada se colocaron 200 g del frijol ovipositado solamente sin presencia de insectos adultos.

Ya envasado el fríjol en sus respectivas bolsas se procedió a sellarlas en el taller de cárnicos de Campo 4 en la maquina Multivac, a 750 milibar de vacío y sellado a condiciones de atmósfera normal. Las bolsas individuales ya selladas se almacenaron en la cámara a 28° C ± 2 con 75 % de humedad relativa y un fotoperíodo de 18 horas luz y 6 oscuridad.

3.3.9 DETERMINACIONES DE O₂ Y CO₂

Los cambios de O₂ y CO₂ que se presentarían dentro de los empaques se determinaron con el equipo analizador de gases digital ILLINOIS 6600, el cual nos cuantifica los gases hasta partes por millón, se calibra automáticamente tomando como patrón el contenido de oxígeno 20.9% y bióxido de carbono 0.03% en el medio ambiente.

Esta determinación se llevo a cabo cada 6 días a partir del día que se introdujeron a la cámara de cría. Se procedía a tomar de cada tratamiento 3 envases, ya estando listo el equipo analizador de gases digital se introducía la aguja del equipo en el envase que contiene los granos de frijol, y se tomaba la lectura tanto de oxígeno como de dióxido de carbono.

3.3.10 REVISION PERIODICA DE EMERGENCIA DE INSECTOS Y DE PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO

Posteriormente a la toma de O₂ y CO₂, se llevo acabo la determinación de emergencia de gorgojos, haciendo las revisiones cada 7 días por triplicado según los muestreos planeados hasta los 104 días de almacenamiento a los que se sometieron los granos de frijol.

De cada tratamiento se procedía a tomar 3 envases, se abría una bolsa y se tamizaba para separar los insectos emergidos y se procedía a su conteo, después de las mismas bolsas se determinaba el porcentaje de grano dañado se realizó cuantificando el grano que presentara ventanas abiertas y/o presencia de cavidad pupal el mismo día que se hacía la revisión de emergencia.

3.3.11 DETERMINACION DE TIEMPO DE COCCION

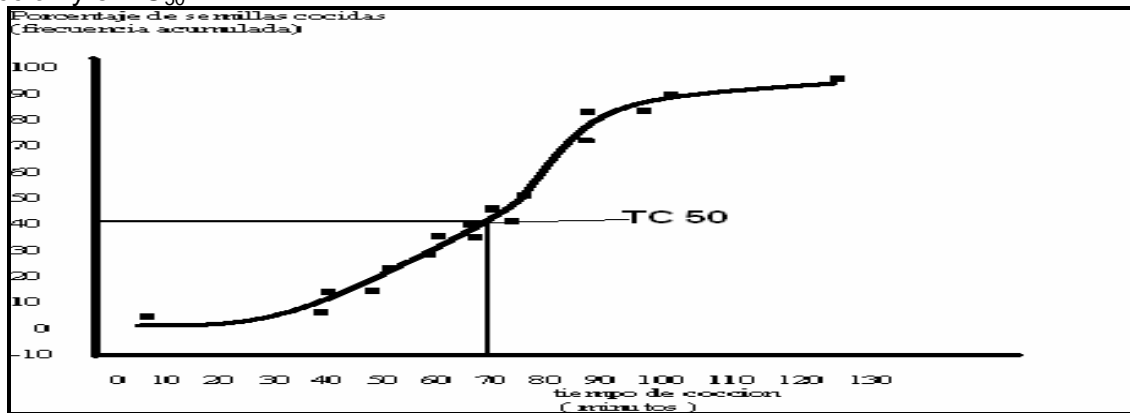
Esta determinación se realizo a una muestra del lote de frijol que se uso para el experimento antes de infestar el lote y esta misma determinación de realizo al final del tiempo de almacenamiento del frijol ovipositado para cada uno de los tratamientos.

De cada tratamiento se tomaron muestras de 25 semillas de frijol, estas fueron colocadas en matraces con 20 ml de agua desionizada por 15 horas a 30 ° C la prueba de cocción se llevo a cabo en cocinadores tipo Mattson⁵⁹, el cual consistió en un soporte de tres discos los dos superiores hechos de latón con 25 perforaciones cada uno que coincidieron en posición con los 25 pozos del disco inferior hecho de acero. Los frijoles remojados se acomodaron uno por uno en cada pozo y se sujetaron con agujas que atravesaban los dos discos superiores y quedaron apoyadas por su punta afilada en cada semilla.

Los soportes con las semillas fueron introducidos en ollas de aluminio con agua en ebullición. Se colocaron entonces pesas de hierro de 200 g sobre el extremo superior de cada aguja, de modo que al reblandecerse la semilla, la pesa hacia que la aguja atravesara la semilla y esta se consideraba cocida. (Se registro el tiempo en que cada frijol de la muestra se coció como un porcentaje del total)

Con estos datos se construyeron gráficas de porcentaje de frijoles cocidos contra tiempo de cocción y de la gráfica se obtuvo el tiempo de cocción TC_{50} que es el tiempo que tarda el 50% de la muestra de 25 semillas en cocerse.¹⁴

Figura 8. Grafica que muestra el ejemplo del Porcentaje de frijoles cocidos contra tiempo de cocción y el TC_{50}



$TC_{50} = 69.569$ minutos

4. RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS

4.1 CONTENIDO DE OXIGENO Y DE BIOXIDO DE CARBONO DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL EN LOS TRES TIPOS DE ENVASES PROBADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN.

El consumo de oxígeno y la producción de bióxido de carbono son los principales factores que definen la efectividad de los sistemas de almacenamiento hermético utilizados. Ya que con estos envases se busco determinar el posible efecto protector de dos empaques de diferentes características (PCS y 2150) al empaque comercial utilizado actualmente (PBD = polietileno de baja densidad), con el fin de disminuir el desarrollo y el ataque del insectos *Zabrotes subfasciatus* bajo condiciones de vacío (PCSV Y 2150V) y atmósfera normal (PCSN Y 2150N) para obtener una mejor conservación del frijol peruano infestado con esta plaga.

Se observa en las tablas de contenido de bióxido de carbono (CO₂) tabla 5 y contenido de oxígeno (O₂) tabla 6 que para el envase de polietileno de baja densidad (PBD), durante el periodo de los 0 a los 76 días de almacenamiento que no hay gran variación en los valores en cuanto al contenido de oxígeno y no existen diferencias significativas $P > 0.05$, el contenido de oxigeno solo presenta una diferencia significativa a los 90 días de almacenamiento.

Así también como el comportamiento del bióxido de carbono dentro del envase de polietileno de baja densidad (PBD), los valores también son poco variables durante los 104 días de almacenamiento y la comparación de medias no presenta diferencias significativas.

Aproximadamente a los 20 días es cuando ocurre la emergencia de los insectos dentro de estos envases de polietileno de baja densidad (PBD), estos insectos encuentran un medio favorable ya que los niveles de oxigeno son propicios para su buen desarrollo y reproducción; además, los niveles de bióxido de carbono también son favorables, ya que este gas que podría ser letal, se encuentra en concentraciones normales; es decir bajas, como se puede observar en la figuras 9 y 10.

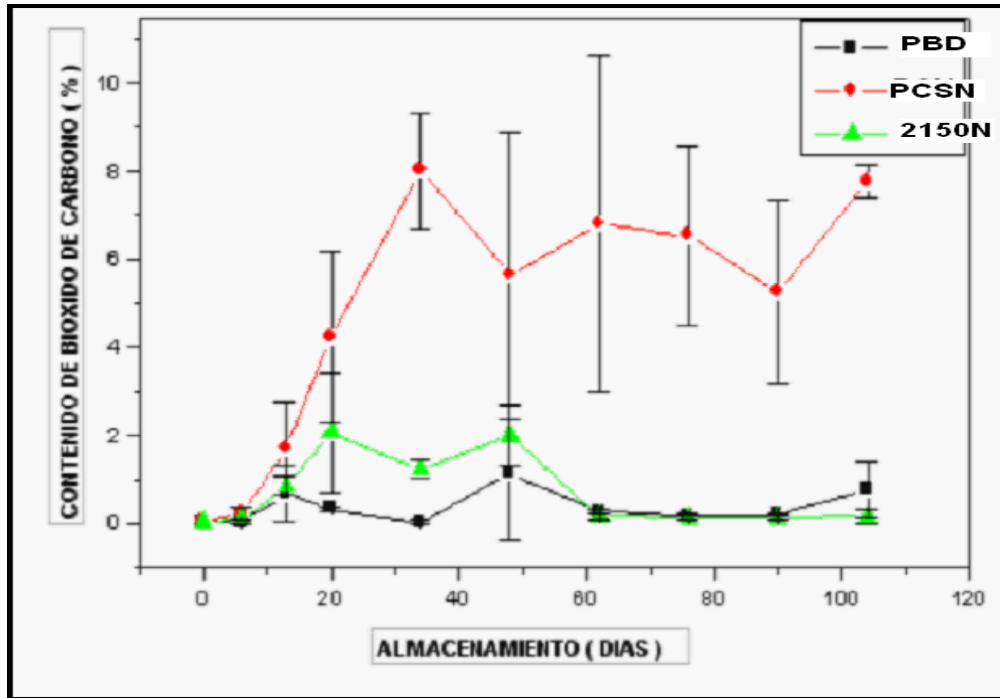


FIGURA 9. Comportamiento del Contenido de bióxido de carbono durante el almacenamiento en los tres diferentes tipos de Bolsas de polietileno.

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

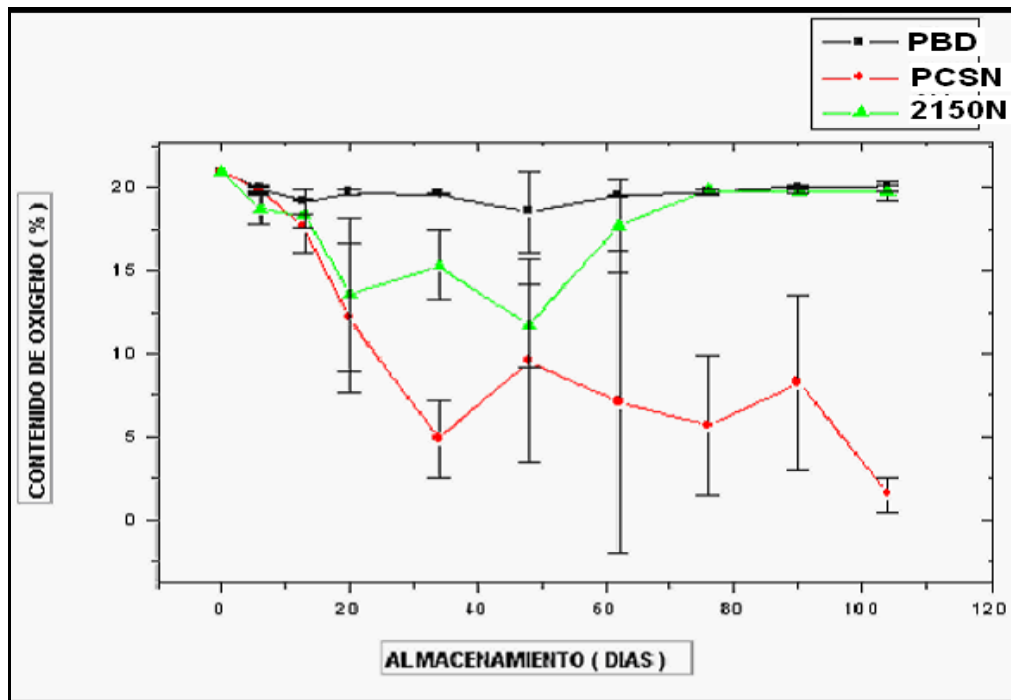


FIGURA 10. Comportamiento del Contenido de oxígeno durante el almacenamiento en los tres diferentes tipos de Bolsas de polietileno.

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

Este comportamiento de oxígeno y bióxido en este tratamiento (PBD) se presentó durante todo el periodo de almacenamiento. Este tipo de envase, carece de las características adecuadas para este tipo de almacenamiento del frijol; características dadas por el propio material, o por las perforaciones hechas por los insectos y también puede ser debido a un mal manejo de los envases durante su muestreo sufriendo daños físicos que alteraron la hermeticidad del envase.

En algunos muestreos después de los primeros 20 a los 34 días de almacenamiento algunas bolsas presentaban pequeños orificios, daños causados por los insectos lo cual explica porque en uno de los últimos muestreos se llegó a registrar contenidos de oxígeno semejantes a los del medio ambiente que era de 20.9 %.

Este envase que fue el tratamiento testigo no presentó un comportamiento típico de almacenamiento hermético que permita conservar el frijol en buen estado. Donde el proceso respiratorio de los integrantes bióticos del sistema de almacenamiento (granos, hongos, insectos, etc.) consumen el oxígeno (O_2) generando bióxido de carbono (CO_2). La constitución de esta nueva atmósfera, rica en CO_2 y pobre en O_2 , suprime, inactiva o reduce la capacidad de reproducción y/o desarrollo de insectos y hongos, como así también la propia actividad del grano, facilitando su conservación.⁹

No obstante que los insectos que emergían respiraban consumiendo oxígeno y generando bióxido de carbono (CO_2) este gas no se acumulaba en el envase ya que este era permeable, tanto por la calidad del polietileno o por las perforaciones al mismo que los insectos hicieron al emerger del grano por lo tanto los niveles de oxígeno siempre se mantuvieron casi iguales a los del medio ambiente.

Por otra parte, para el envase de polietileno modificado (PCSN) se observa en las tablas 5 y 6 los contenidos de bióxido de carbono (CO_2) y de oxígeno (O_2). En este envase si se manifestaron las condiciones de un sistema hermético, bajo contenido de oxígeno y un contenido moderadamente alto de bióxido de carbono.

Al determinar el contenido de oxígeno durante los primeros 13 días de almacenamiento prácticamente no se nota el cambio en cuanto a la disminución de oxígeno. A los 20 días, que es cuando se tiene la primera emergencia de insectos, el contenido de oxígeno en ese momento se encuentra ya con un valor del 12.16 %, disminuyendo de manera gradual a través del periodo de almacenamiento; presentándose con esto diferencias estadísticas significativas, entre los diferentes muestreos, llegando a tener en el último muestreo, a los 104 días, contenido oxígeno de 1.54 %, en el interior del envase.

Los insectos mueren cuando el aire en el almacén contiene 3 % o menos de oxígeno, también ha sido señalado, que la mayoría de los insectos de productos almacenados mueren cuando la concentración de oxígeno es de alrededor de 2 % en el aire intergranular (los espacios que se forman entre los granos de frijol dentro del envase).⁷

TABLA 5. Contenido de bióxido de carbono (CO₂) durante 104 días de almacenamiento del frijol, en los tres diferentes tipos de bolsas de polietileno, infestado con *Zabrotes subfasciatus*.

MUESTREO	ALMACENAMIENTO (DIAS)	CONTENIDO DE BIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)		
		PBD	PCSN	2150N
M1	0	0.03 ± 0 a	0.03 ± 0 c	0.03 ± 0 b
M2	6	0.03 ± 0.06 a	0.23 ± 0.15 c	0.1 ± 0 b
M3	13	0.66 ± 0.64 a	1.7 ± 1.06 bc	0.86 ± 0.23 ab
M4	20	0.33 ± 0.06 a	4.23 ± 1.95 abc	2.06 ± 1.36 a
M5	34	0.03 ± 0.06 a	8 ± 1.32 a	1.23 ± 0.21 ab
M6	48	1.13 ± 1.53 a	5.63 ± 3.26 abc	2 ± 0.69 a
M7	62	0.27 ± 0.06 a	6.8 ± 3.81 ab	0.16 ± 0.06 b
M8	76	0.17 ± 0.06 a	6.53 ± 2.05 ab	0.13 ± 0.06 b
M9	90	0.20 ± 1.47 a	5.26 ± 2.07 abc	0.13 ± 0.06 b
M10	104	0.77 ± 0.63 a	7.76 ± 0.38 a	0.16 ± 0.15 b

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar

Las letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, α = 0.05)

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

TABLA 6. Contenido de oxígeno (O₂) durante 104 días de almacenamiento en los tres diferentes tipos de bolsas de polietileno usadas para almacenar frijol variedad peruano, infestado con el insecto *Zabrotes subfasciatus*.

CONTENIDO DE OXIGENO (O₂)

MUESTREO	ALMACENAMIENTO (DIAS)	PBD	PCSN	2150N
M1	0	20.9± 0a	20.9± 0a	20.9± 0 a
M2	6	19.96 ±0.15 a	19.83± 0.21 ab	18.66 ± 0.84 a
M3	13	19.1 ± 0.78 a	17.66 ± 1.61 ab	18.36±0.81abc
M4	20	19.7 ±0.20 a	12.16 ±4.44 abc	13.54 ±4.66 cd
M5	34	19.56 ± 0.06 a	4.88 ± 2.32 c	15.3 ± 2.09 bcd
M6	48	18.53 ±2.45 a	9.55 ± 6.10 abc	11.73±2.48 d
M7	62	19.46 ± 0.06 a	7.09 ±9.03 bc	17.7± 2.78 a
M8	76	19.73 ± 0.15 a	5.67± 4.15 bc	19.8 ± 0.1 ab
M9	90	20 ± 0.17 ab	8.23 ±5.22 abc	19.8 ± 0.17 ab
M10	104	19.97± 0.15 ab	1.54 ±1.06 c	19.8 ± 0.6 ab

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar

Las letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, α = 0.05)

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificada cerrada a condiciones normales)

2150N (bolsa de polietileno modificada cerrada a condiciones normales)

En cuanto al contenido de bióxido de carbono en los envases de PCSN, en los primeros muestreos se notan ligeros incrementos dentro de los envases, al llegar a los 20 días de almacenamiento tenemos un valor de 4.23 % de bióxido de carbono en este día es cuando se tiene la primera emergencia de los insectos los cuales encontraron un medio hostil al emerger dentro de estos envases. Durante el resto de los muestreos el contenido de dióxido de carbono se va incrementando presentándose con esto diferencias estadísticas significativas.

Ese comportamiento se nota con más claridad en las figuras 9 y 10 sobre el comportamiento del contenido de bióxido de carbono y del contenido de oxígeno durante el almacenamiento en los tres diferentes tipos de bolsas de polietileno.

En el almacenamiento del grano de frijol, con el polietileno modificado (PCSN), se hizo notable que al modificarse la atmósfera intergranular y ser ésta desfavorable para el desarrollo de los insectos, se logró una mejor conservación del grano, que la obtenida con los otros dos tipos de envase.

En las mismas tablas 5 y 6 se observa que los contenidos de bióxido de carbono (CO₂) y el contenido de oxígeno (O₂) para el envase de polietileno modificado (2150N). Dentro de este envase se presentó un fenómeno parecido al almacenamiento hermético durante los

primeros 48 días de almacenamiento del frijol ovipositado. Al determinar el contenido de oxígeno durante los primeros 13 días de almacenamiento casi no se nota el cambio en cuanto a la disminución de oxígeno. Al llegar al día 20 que es cuando se tiene la primera emergencia de insectos el contenido de oxígeno en ese momento se encuentra con un valor del 13.54 %, a los 48 días de almacenamiento tenemos un valor de 11.73 %, hasta aquí tenemos mediciones confiables de oxígeno y dióxido de carbono, además de que se está presentando un fenómeno de almacenamiento hermético similar al de la otra propuesta de envase de polietileno modificado (PCSN), sin embargo como se menciona antes este envase sufre deterioro al almacenarse a más de 25 ° C y nosotros almacenamos los envases utilizados para este experimento a 28° C +/- 2 esto de alguna manera mermó las propiedades físico-mecánicas del envase (resistencia a elongación, longevidad, permeabilidad, etc.).

A pesar de esto se considero que los valores obtenidos de bióxido de carbono (CO₂) y contenido de oxígeno (O₂) después de los 48 días de almacenamiento presentaron un comportamiento hermético como se verá en el análisis de resultados de emergencia de insectos, aunque los valores y comportamiento en las gráficas de bióxido de carbono (CO₂) y contenido de oxígeno (O₂) no lo demuestren así.

Esto es debido a que los envases sufrieron alteraciones en sus propiedades físico-mecánicas debido a la temperatura lo cual repercutió al momento de introducir la aguja del analizador de gases para determinar el contenido de oxígeno y bióxido de carbono, ya que al efectuar esta acción el envase se rasgaba de más y se introducía oxígeno del medio ambiente alterando los datos reales dentro del envase este fenómeno se presentó después de los 48 días de almacenamiento.

En cuanto los contenidos de de bióxido de carbono (CO₂) y contenido de oxígeno (O₂) para los envases cerrados al vacío PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) y 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) estos sistemas se mantuvieron totalmente herméticos durante todo el periodo de almacenamiento.

4.2 EVALUACION DEL EFECTO DEL TIPO DE ENVASE EN LA EMERGENCIA DE *Zabrotes subfasciatus* DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL.

Con la finalidad de determinar el posible efecto protector de dos envases de diferentes características (PCSN y 2150N) y compararlos con el envase comercial utilizado actualmente (PBD) y con el fin de disminuir el ataque de los insectos bajo condiciones de vacío y atmósfera normal para obtener una mejor conservación de la calidad del frijol peruano durante el almacenamiento se realizó esta determinación con los siguientes resultados.

Se observa en las tabla (7) de Emergencia de *Zabrotes subfasciatus* para el envase de polietileno de baja densidad (PBD), que durante el periodo de almacenamiento en este envase de los 0 a los 13 días no hay diferencias significativas a partir de los 20 días en adelante se presentan diferencias significativas en los siguientes muestreos.

Este envase resulto ser el más favorable para el desarrollo de los huevecillos que fueron colocados por los insectos *Zabrotes subfasciatus* sobre la testa de los frijoles al inicio del experimento.

Como se observa en los primeros tres muestreos (13 días) aun no existe emergencia alguna ya que todavía no hay un desarrollo completo del adulto. Al los 20 días se tiene la primera emergencia.

Para los siguientes muestreos hasta los 104 días que duro el almacenamiento el comportamiento fue similar ya que los insectos se desarrollaban de manera óptima provocado gran daño a los granos de fríjol, además de que algunos envases se presentaron pequeños orificios daños provocados por los insectos ya que un tienen aparato bucal de tipo masticador.

El máximo número de insectos emergidos que se presentó durante el tiempo de almacenamiento fue el día 48 con 321 insectos, que se puede considerar que fue la segunda emergencia, para el siguiente muestreo que fue el día 55 se tuvo una emergencia de 298 insectos teóricamente se esperarí un número de insectos similar o mayor al anterior muestreo pero no fue así; esto se puede atribuir a los daños físicos causados en los envases

posteriores a este muestreo, ya que durante los siguientes muestreos, en el almacén se observaron algunos insectos dentro de este.

TABLA 7: Numero de insectos emergidos de *Z. subfasciatus* en tres tipos diferentes de envases de polietileno durante 104 días de almacenamiento.

DIAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTREOS	ENVASE PBD	ENVASE PCSN	ENVASE PCSV	ENVASE 2150N	ENVASE 2150V
0	M1	0±0 h	0±0 e	0±0	0±0 e	0±0
6	M2	0±0 h	0±0 e	0±0	0±0 e	0±0
13	M3	0±0 h	0±0 e	0±0	0±0 e	0±0
20	M4	89±6.24 gh	38±17.06 abc	0±0	0±0 e	0±0
27	M5	105±6 fg	55±7 a	0±0	35±11.79 ab	0±0
34	M6	127±27.62 efg	43±12.49 ab	0±0	42±09 a	0±0
41	M7	277±63.15 abc	33±8.89 abcd	0±0	29±13.08 abc	0±0
48	M8	321±9.07 a	29±7.55 bcd	0±0	22±6.08 bcd	0±0
55	M9	298±82.05 ab	34±10.15 abcd	0±0	15±5.29 cde	0±0
62	M10	255±25.01 bc	22±4.36 bcde	0±0	19±5 bcd	0±0
69	M11	142±23.58 defg	15±5.57 cde	0±0	11±2 cde	0±0
76	M12	134±13.45 defg	11±3.61 de	0±0	6±2.65 de	0±0
83	M13	122±21.6 efg	0±0 e	0±0	9±2.65 de	0±0
90	M14	189±37.5 cdef	0±0 e	0±0	8±3.61 de	0±0
97	M15	211±27.22 bcde	0±0 e	0±0	0±0 e	0±0
104	M16	220±18.52 bcd	0+/-0 e	0±0	0±0 e	0±0

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar

Las letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$)

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

Otro factor que provoca este comportamiento es que el número de adultos emergidos por semilla es variable y depende principalmente del tamaño del grano ya que está relacionado con el contenido de nutrientes esenciales para el insecto y el espacio necesario para su buen desarrollo.¹⁰ Tomando en cuenta que después de la segunda emergencia los granos de frijol ya presentaban un daño considerable, esto se traduce en una menor cantidad de sustrato para las siguientes generaciones de insectos.

Ahora se observa en la tabla (7) de emergencia que para el envase de polietileno modificado (PCSN) y sellado a condiciones de atmósfera normal durante el periodo de almacenamiento en este envase de los 0 a los 13 días no hay diferencias significativas, en el muestreo que se realizo a los 20 días es cuando se presenta una diferencia significativa y es cuando se tiene la primera emergencia el número de insectos emergidos que es de 38 insectos,

significativamente menor al número emergido para el envase de polietileno de baja densidad (PBD) analizado anteriormente cuyo número fue de 86 insectos.

Esto se atribuye a que dentro de este envase PCSN se comenzó a crear un efecto tipo hermético, ya que comenzó a disminuir la cantidad de oxígeno y aumentar el contenido de bióxido de carbono creando una atmósfera desfavorable para el buen desarrollo de esta primera emergencia. Este fenómeno tuvo efecto sobre las siguientes emergencias como se observa en los siguientes muestreos que presentan diferencias significativas hasta los 76 días, la humedad inicial (8.99 %) de los granos de frijol con la que se almacenaron dentro de los envases jugo un papel muy importante en el desarrollo de los insectos y por consecuente en el número de insectos emergidos, así como el efecto del contenido de oxígeno y dióxido de carbono.

Durante el periodo final de almacenamiento que es de los 83 a los 104 días de almacenamiento no existen diferencias significativas en cuanto a emergencia. En cuanto a este mismo envase PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) no presento emergencia de insectos durante todo el periodo de almacenamiento.

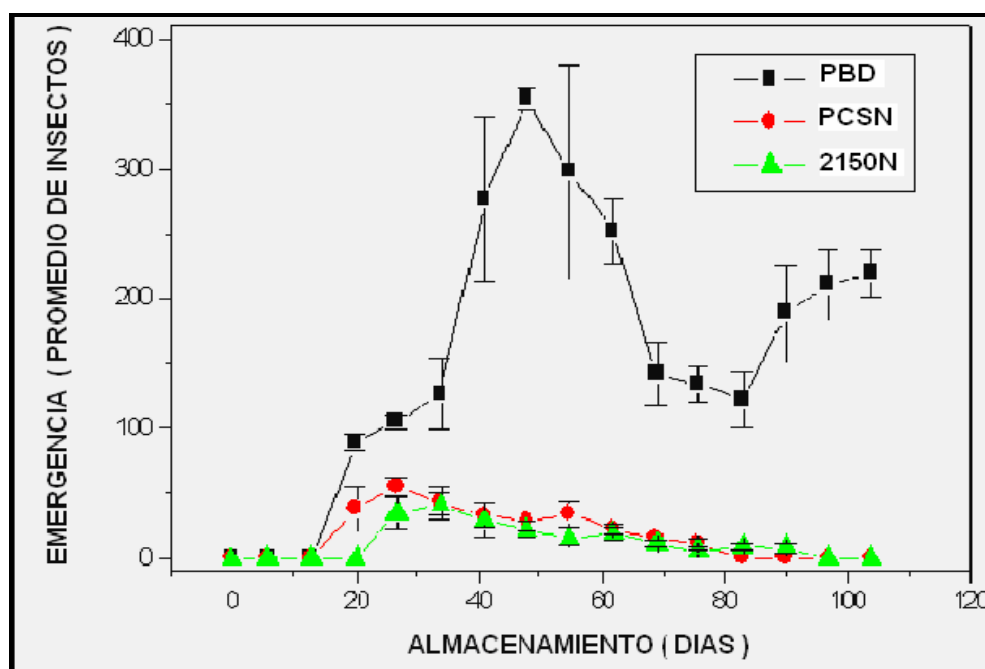


FIGURA 11. EMERGENCIA (promedio de adultos de *Zabrotes subfasciatus* que emergieron del frijol mantenido en tres diferentes tipos de bolsas de polietileno durante 104 días de almacenamiento).

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

Como se nota en la figura 11 de emergencia el comportamiento para el envase PBD (bolsa de polietileno de baja densidad), en comparación con las propuestas PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales) y 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales) es grande de manera negativa, ya que este envase no resulta adecuado para inhibir el desarrollo de los insectos y por consecuencia evitar el deterioro, daño físico de los granos de frijol y la calidad de este alimento.

Durante los siguientes muestreos a partir del día 20 existen diferencias significativas y el número de insectos emergido fue bajo, en el muestreo que realizo a los 76 días fue el último día que se tuvo emergencia para PCSN y el día 90 para 2150N, de ahí hasta los 104 días que fue el último muestreo ya no existió emergencia. Esto se debe a los efectos letales de la atmósfera dentro de los envases, el contenido de humedad de los granos de frijol así como el tipo de envase de polietileno modificado PCSN provocaron una inhibición en el desarrollo, una metamorfosis perturbada y decremento de la fecundidad.

Ahora analizando se observa en la tabla 7 de emergencia que para el envase de polietileno modificado (2150N) sellado a condiciones de atmósfera normal, en el muestreo que se realizo a los 20 días que es cuando se tiene la primera emergencia ésta se retrasa y se tiene la primera emergencia hasta el día 27 con un numero de 35 insectos menor a la propuesta de polietileno modificado PCSN que fue de 38 y mucho menor a la de polietileno de baja densidad (PBD) que fue de 89.

Este envase (2150N) también presenta un efecto tipo hermético que se nota en el bajo número de insectos emergidos, aunque como se analizó en el apartado de contenido de oxígeno y dióxido de carbono, que solo hasta el día 48 se puede tener un registro confiable de cómo va disminuyendo el contenido de oxígeno y aumentando el contenido de dióxido de carbono ya que después de este día este envase al momento de tomar la lectura de oxígeno y dióxido de carbono al romper el hermetismo con la aguja del equipo inmediatamente los gases de la atmósfera se combinan con los del interior de la bolsa y no permitieron lecturas confiables esto se puede deber a las características del envase que pudo sufrir alteraciones en sus propiedades físico-mecánicas debido a la temperatura lo cual repercutió al momento de introducir la aguja del analizador de gases.

Aun así con este inconveniente, los resultados de emergencia para este envase (2150N) a partir de ese muestreo a los 48 días donde no se tienen valores exactos de contenido de oxígeno y dióxido de carbono, los resultados y el comportamiento del bajo número de insectos que emergen avalan que los contenidos de estos gases dentro de los envases siguió con la tendencia de un comportamiento hermético, existiendo diferencias significativas en los muestreos.

Este comportamiento también se nota con más claridad en figura 11 de emergencia donde se muestra como es el comportamiento de número de insectos conforme van pasando los días de almacenamiento. Y analizando la propuestas de polietileno modificado pero cerradas a condiciones de vacío (2150V), como se observa en la tabla no existe emergencia alguna.

4.3 EVALUACIÓN DEL DAÑO POR EL ATAQUE DE *Zabrote subfasciatus* DURANTE LOS 104 DIAS DE ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL.

Los resultados del porcentaje de grano dañado se comportaron de la misma manera que en la emergencia ya que al realizar la cuantificación total del grano de frijol dañado y el sano y al observar el comportamiento en las Figuras 11 y 12 de emergencia y grano dañado respectivamente las graficas presentan un comportamiento similar.

El comportamiento del porcentaje de grano dañado se comporta igual que la emergencia de los insectos ya que el daño esta relacionado a la emergencia, debido que por cada insecto que emerge se daña al grano pudiendo existir varias ventanas por grano dependiendo de la infestación.

La tendencia del comportamiento en cuanto al grano dañado se observa mas detalladamente en la figura 12 durante el almacenamiento que duro 104 días se observa que el envase de polietileno de baja densidad (PBD) es donde se presenta números mas altos de grano dañado durante el almacenamiento y para los envases de polietileno modificado PCSN y 2150N sellados a condiciones de atmósfera normal los números son mas bajos.

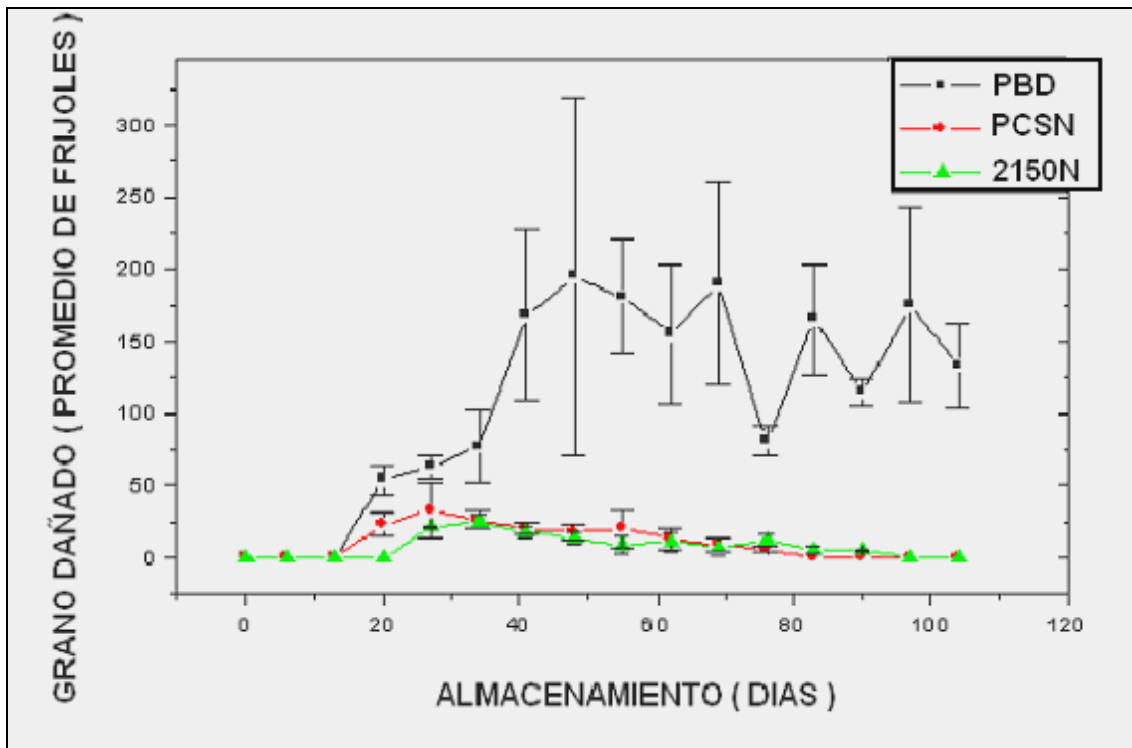


FIGURA 12. Grano dañado durante los 104 días de almacenamiento en los tres diferentes tipos de Bolsas de polietileno usadas para almacenar frijol variedad peruano, infestado con el insecto *Zabrotes subfasciatus*
 PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)
 PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

Como se observa en la tabla 8 el porcentaje de grano dañado total después de los 104 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos, se nota con más claridad cuantitativamente la magnitud que tuvo el tipo de envase sobre la conservación de los granos de frijol, comprobando una vez más que las propuestas tienen un mejor efecto positivo para inhibir de alguna manera el daño provocado por el insecto *Zabrotes subfasciatus*.

TABLA 8. Porcentaje de grano dañado durante los 104 días de almacenamiento en los tres diferentes tipos de bolsas de polietileno usadas para almacenar frijol variedad peruano, infestado con *Zabrotes subfasciatus*.

DÍAS DE ALMACENA MIENTO	MUESTREOS	ENVASE PBD	ENVASE PCSN	ENVASE PCSV	ENVASE 2150N	ENVASE 2150V
0	M1	0±0 b	0±0 b	0±0	0±0 d	0±0
6	M2	0±0 b	0±0 b	0±0	0±0d	0±0
13	M3	0±0 b	0±0 b	0±0	0±0d	0±0
20	M4	11.2±10.54 b	4.8±8.7 ab	0±0	0±0 d	0±0
27	M5	13±7.6 b	6.8±19.1 a	0±0	4.4±0.3 ab	0±0
34	M6	15.9±24.6 a	5.4±6.2 ab	0±0	5.2±4.6 a	0±0
41	M7	34.8±59.3 a	4.1±4.0 ab	0±0	3.7±4.6 abc	0±0
48	M8	40.4±124 a	3.7±5.6 ab	0±0	2.8±4.5 abcd	0±0
55	M9	37.5±39.2 a	4.1±13 ab	0±0	1.9±6.2 bcd	0±0
62	M10	32.1±48.6 a	2.7±8 ab	0±0	2.3±6.5 abcd	0±0
69	M11	39.3±70.1 a	1.9±4.4 ab	0±0	1.4±6.1 bcd	0±0
76	M12	16.8±9.64 a	1.2±1.7 b	0±0	2.5±4.4 abcd	0±0
83	M13	34.2±59.1 a	0±0b	0±0	1.2±2.2 cd	0±0
90	M14	23.8±9.5 a	0±0b	0±0	1.0±0.7 cd	0±0
97	M15	36.2±67 a	0±0b	0±0	0±0d	0±0
104	M16	27.5±28.93 a	0±0b	0±0	0±0d	0±0

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar

Las letras diferentes en columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$)

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

En la tabla 8 de porcentaje de grano dañado se observa que para el envase de polietileno de baja densidad (PBD) durante el periodo de almacenamiento en este envase de los 0 a los 20 días no hay diferencias significativas, en el muestreo que se realizó a los 34 días es cuando se presentan diferencias significativas de aquí en adelante.

Para el envase de polietileno modificado (PCSN) sellado a condiciones de atmósfera normal presenta diferencias significativas a partir del muestreo cuatro (a los 20 días) que es cuando se tiene la primera emergencia. Lo mismo sucede para el envase 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales) el cual presenta diferencias significativas en los siguientes muestreos.

Los envases PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) y 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío) no presentan diferencias significativas y el número de granos dañados resulta nulo preservando el grano de frijol en buen estado hasta el final de los 104 días de almacenamiento.

Ahora analizando el conteo final de grano dañado total al final del periodo de almacenamiento como se observa en la tabla 9 tenemos números aproximados de cuales serian las pérdidas dependiendo del envase usado para almacenar el frijol.

En los resultados se puede observar que el envase PBD es el menos recomendable para evitar el daño del grano, ya que existió hasta un 47.19 %, por consecuente una perdida de alta del frijol almacenado.

En segundo lugar tenemos que el envase PCSN sellado a condiciones atmosféricas normales presenta hasta un 5.27 % de grano dañado siendo una buena propuesta para evitar el daño pero no la mejor y en tercer lugar el envase 2150N sellado a condiciones atmosféricas normales presenta hasta un 3.73 % de grano dañado siendo de las tres propuestas la mas viable.

Aunque los envases PCSN Y 2150N también se usaron sellándolos al vacío (PCSV y 2150V) y presentan resultados excelentes hay que realizar investigaciones más a fondo sobre efectos en cuanto a costo beneficio además de ver que tan viable seria.

TABLA 9. Porcentaje de grano dañado después de los 104 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.

TIPO DE BOLSA USADA	CANTIDAD ALMACENADA DE FRIJOL	% DE GRANO DAÑADO DESPUES DE 104 DIAS DE ALMACENAMIENTO
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PBD)	9.6 KG	47.19 % (4.800 Kg.)
PROPUESTA PCS		
SELLADO NORMAL PCSN	9.6 KG	5.27 % (0.506 Kg.)
SELLADO AL VACIO PCSV	9.6 KG	0 %
PROPUESTA 2150		
SELLADO NORMAL 2150N	9.6 KG	3.73 % (0.358 Kg.)
SELLADO AL VACIO 2150V	9.6 KG	0 %

Se analizó la relación entre grano dañado y emergencia de insectos dentro de cada envase utilizado obteniendo los siguientes gráficos con el siguiente comportamiento.

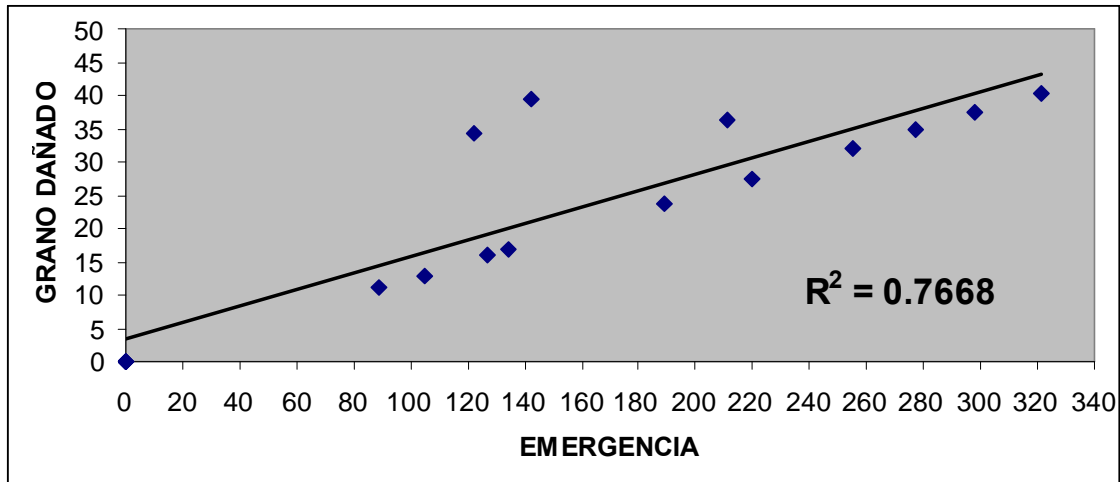


FIGURA 13. Comportamiento de la relación entre emergencia y grano dañado dentro del envase PBD (polietileno de baja densidad) durante el almacenamiento del grano de frijol peruano durante 104 días.

En la figura 13 se puede observar una tendencia de estos dos parámetros emergencia y grano dañado, pero no necesariamente siempre será así ya que intervienen varios factores para que se presente este fenómeno como podría ser condiciones de temperatura y humedad del lugar donde se almacenen este tipo de envases.

En las siguientes figuras 14 y 15 se presenta un comportamiento similar en estos envases que son las propuestas (PCSN y 2150N) en este trabajo para controlar la emergencia y el daño que provoca el insecto *Zabrotes subfasciatus*, a pesar de que los valores de emergencia y grano dañado son mucho menores que en el envase PBD, la tendencia y relación que presentan estos dos parámetros se conserva mostrando un comportamiento directamente proporcional.

Para el envase PCSN sellado a condiciones atmosféricas normales la relación grano dañado y emergencia de insectos dentro de este envase resulto con una correlación mayor que en los otros 2 envases con un valor de 0.9992 con lo que se define una fuerte influencia entre ambos fenómenos.

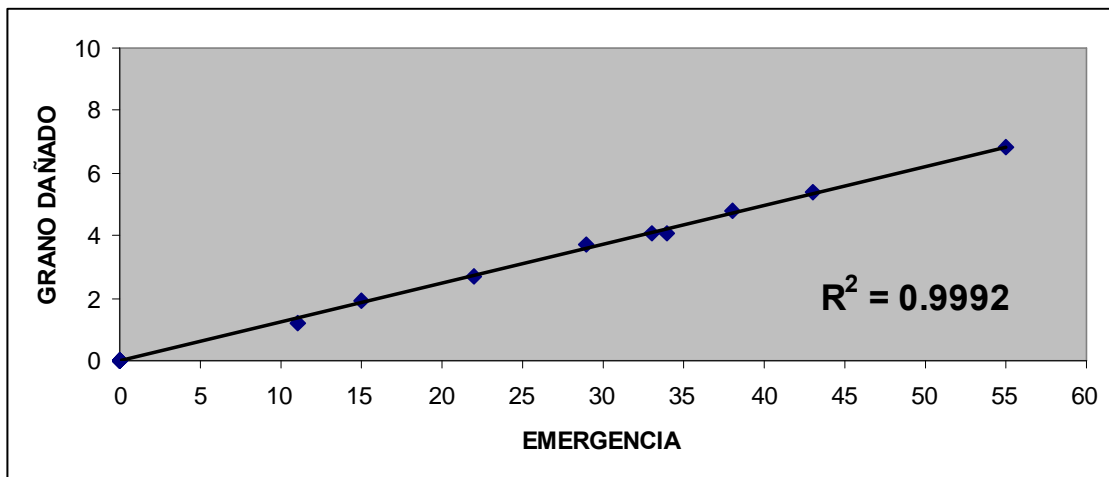


FIGURA 14. Comportamiento de la relación entre emergencia y grano dañado dentro del envase PCSN durante el almacenamiento del grano de frijol peruano durante 104 días.

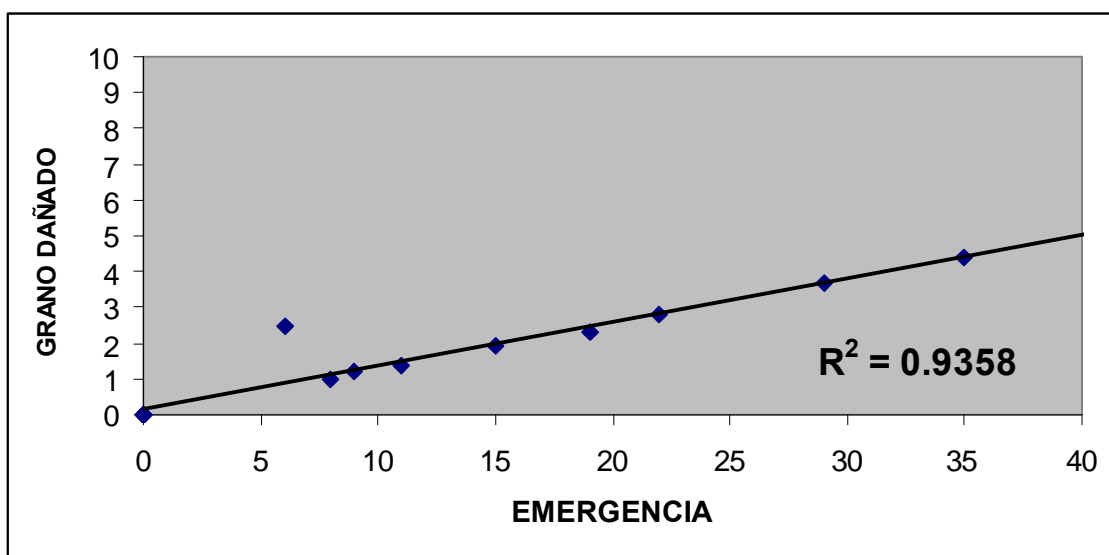


FIGURA 15. Comportamiento de la relación entre emergencia y grano dañado dentro del envase 2N durante el almacenamiento del grano de frijol peruano durante 104 días.

4.4 EFECTO DEL TIPO DE ENVASE SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL FRIJOL DURANTE SU ALMACENAMIENTO.

La humedad es el factor de mayor influencia en la conservación de granos y semillas durante el almacenamiento. Su importancia radica en su relación con factores biológicos que causan daño y en los que afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso) de las cosechas.

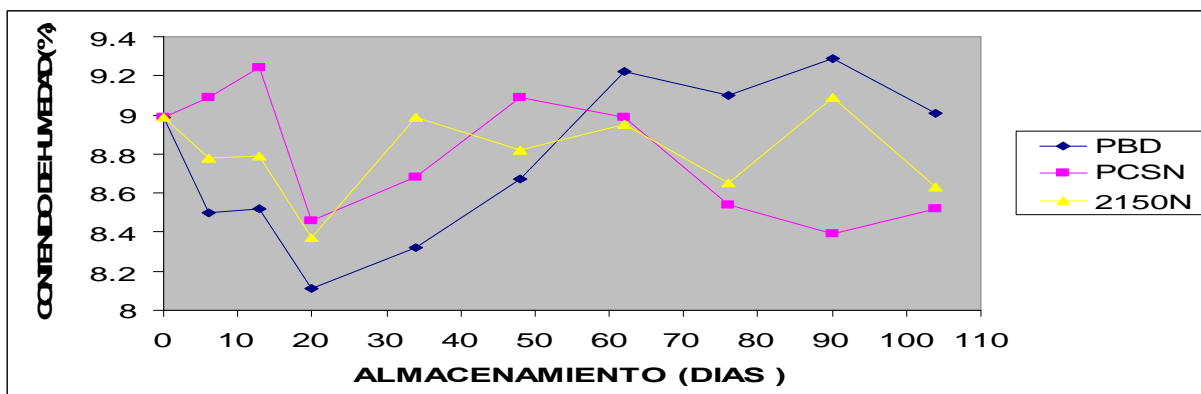


FIGURA 16. Comportamiento del Contenido de Humedad del frijol durante el almacenamiento en los tres diferentes tipos de Bolsas de polietileno.

En la figura 16, se observan las variaciones que tuvieron los contenidos de humedad evaluados en el presente experimento, dentro de los tres envases utilizados para el almacenamiento del frijol peruano infestado con el gorgojo *Z. subfasciatus*.

TABLA 10. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO DE FRIJOL INFESTADO CON *Zabrotes subfasciatus* Y ALMACENADO POR 104 DÍAS

MUESTREO	ALMACENAMIENTO (días)	PBD	PCSN	2150N
M1	0	8.99±0.24	8.99±0.24	8.99±0.24
M2	6	8.5±0.11	9.09±0.45	8.78±0.45
M3	13	8.52±0.08	9.24±0.63	8.79±0.45
M4	20	8.11±0.34	8.46±0.87	8.37±0.47
M5	34	8.32±0.55	8.68±0.39	8.99±0.21
M6	48	8.67±0.94	9.09±0.24	8.82±0.47
M7	62	9.22±0.36	8.99±0.55	8.95±0.33
M8	76	9.1±0.19	8.54±0.10	8.65±0.84
M9	90	9.29±0.69	8.39±0.53	9.09±0.25
M10	104	9.01±1.05	8.52±0.24	8.63±0.25

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificada cerrada a condiciones normales)

2150N (bolsa de polietileno modificada cerrada a condiciones normales)

El día cero indica el contenido de humedad inicial al momento del establecimiento de la investigación que fue de 8.99 %, el comportamiento del contenido de humedad en la bolsa (PBD) que es el envase utilizado comercialmente se observa que en el periodo de los primeros 20 días de almacenamiento se presentan pequeños decrementos; a partir de este punto se tiene la primera emergencia de insectos lo cual se nota al presentarse un incremento del contenido de humedad en el siguiente periodo de los 20 días hasta los 104 días que es cuando se termina el experimento.

Las variaciones que se presentaron en los contenidos de humedad son atribuidas a que la actividad de los insectos que producen calor y humedad, aumentando ligeramente el contenido de humedad de los granos.

En el envase comercial (PBD) durante el periodo inicial de los 0 a los 34 días hay decrementos de contenido de humedad y de los 48 a los 90 días se nota un ligero pero llamativo aumento del contenido de humedad que sobrepasa al contenido de humedad inicial que era de 8.99 %, lo cual coincide con pequeños daños físicos que presentaban algunas bolsas muestreadas durante este periodo, en las cuales también se observaban algunos insectos que salieron de estos envases lo cual se mencionara en el análisis de emergencia y grano dañado.

En cuanto a las propuestas, PCSN conserva un rango de variación del contenido de humedad durante los 104 días de almacenamiento de 8.4 – 9.1 % (hay una variación de 0.7 %) y para 2N de 8.1 – 9.0 % (hay una variación de 0.9 %) estos envases de alguna manera conservan el contenido de humedad en un rango aceptable sin mucha variación y los envases no presentaban daños físicos provocados por los insectos. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en los contenidos de humedad.

De los envases PBD, PCSN y 2150N este último es el que presenta menor fluctuación de contenido de humedad como se observa en la figura 16 y en segundo lugar tenemos al envase PCSN.

4.5 EFECTO DEL TIPO DE ENVASE SOBRE EL DESARROLLO DE HONGOS EN EL FRIJOL INFESTADO CON *Zabrotes subfasciatus*, DURANTE 104 DIAS DE ALMACENAMIENTO.

Como se mencionó en materiales y métodos la determinación de la micobiota se realizó al inicio y al final de los muestreos, esto es a los 0 y 104 días de almacenamiento en los tres tipos de envases, para comparar el registro de hongos después de la actividad de los insectos en el grano. Los insectos favorecen el desarrollo de los hongos y también las condiciones de temperatura y humedad elevadas; mismas que se generan dentro del grano como resultado de la respiración y metabolismo tanto de los insectos como del mismo grano.

En la micobiota se registraron hongos de los géneros: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en los granos de frijol invadidos por estos hongos.

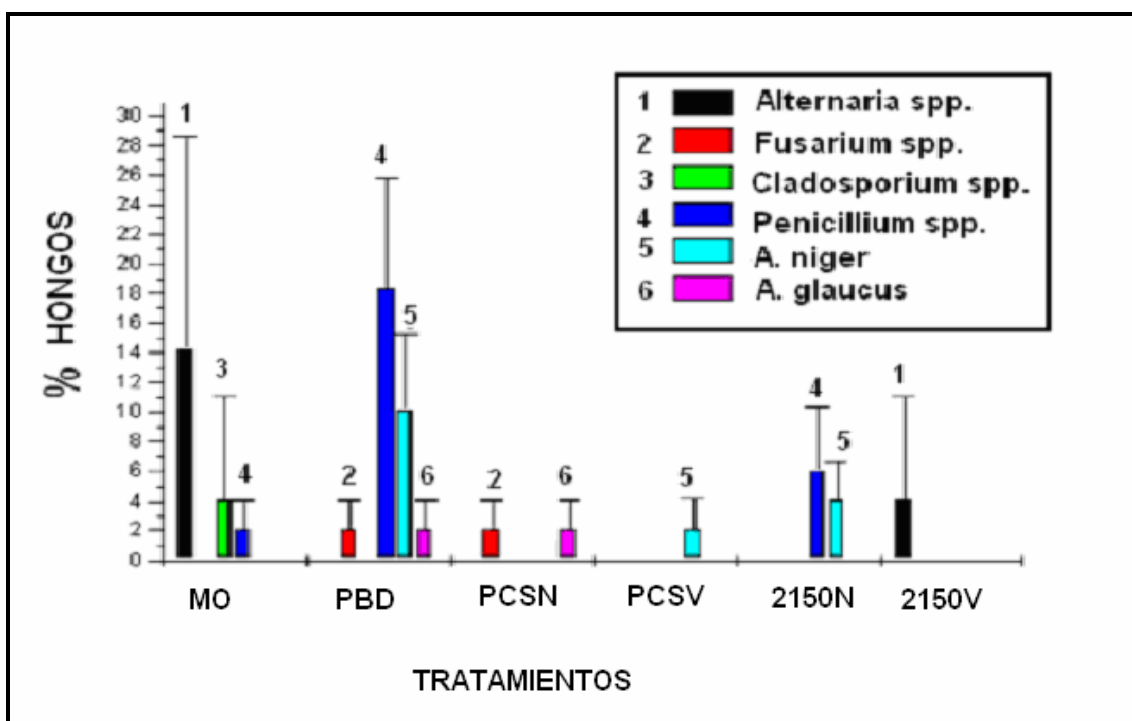


FIGURA 17. Comportamiento de la micobiota del frijol almacenado 104 días en los diferentes tratamientos

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)
 PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)
 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

Como se puede observar en la figura 17, la determinación de micobiota inicial en el lote de frijol del que se partió para infestarlo con el gorgojo y después someterlo al almacenamiento en los tres diferentes envases, se determinó que el porcentaje del hongo de campo *Alternaria* spp era de 14.3 % después de los 104 días de almacenamiento solamente en el envase 2150V (envase de polietileno modificado cerrado al vacío) presentó este hongo con un 4%, en los demás envases no se encontró este hongo.

El hongo *Fusarium* spp no se presentó al inicio pero después de los 104 días de almacenamiento se encontró presente en el envase de polietileno usado comercialmente para envasar el frijol (PBD) con 2 % y en el envase (PCSN) polietileno modificado cerrado en condiciones de atmósfera normal el cual también presentó 2 %, en los demás envases no se presentó o desarrolló este hongo.

El hongo *Cladosporium* se encontró presente en la muestra inicial con 4 % este es un hongo de campo después de los 104 días de almacenamiento no se encontró en ninguno de los envases utilizados.

El hongo *Penicillium* es de almacén y al inicio estaba presente en un 2 % antes de ser envasado el frijol, en el envase de polietileno usado comercialmente para envasar el frijol (PBD) después de los 104 días de almacenamiento presentó un desarrollo del 18.3 % y también se presentó desarrollo en el envase de polietileno modificado (2150N) sellado en condiciones de atmósfera normal con 6.13 % los demás envases no presentaron este hongo.

El hongo *Aspergillus niger* no se encontró en el análisis inicial, después de los 104 días de almacenamiento se encontró en el envase PBD con un 10.2%, en el envase PCSV 2%, en el envase 2150N 4% y en el envase 2150V 0%; en el envase PCSN no presentó desarrollo de este hongo.

El hongo *Aspergillus glaucus* no se encontró en el análisis inicial, sólo después de los 104 días se desarrolló dentro de los envases PBD y PCSN con 2%; los demás envases no presentaron desarrollo.

Aspergillus y *Penicillium* son los géneros de hongos de almacén más importantes. La suma de sus actividades metabólicas provoca trastornos a la calidad biológica de los granos y semillas induciendo grandes pérdidas económicas.

TABLA 11. Determinación de micobiota del frijol al inicio y al final del almacenamiento, en los diferentes tratamientos.

HONGOS	TRATAMIENTOS					
	MUESTREO INICIAL	PBD	PCSN	PCSV	2150N	2150V
ALTERNARIA SPP (Hongo de campo)	14.3±14.3a	0±0b	0±0b	0±0a	0±0b	4.08±6.97a
FUSARIUM SPP (Hongo de campo)	0±0b	2.04±2.04a	2.04±2.04a	0±0a	0±0a	0±0a
CLADOSPORIUM SPP (Hongo de campo)	4.08±6.97a	0±0a	0±0a	0±0a	0±0a	0±0a
PENICILLIUM (Hongos de almacén)	2.04±/-2.04a	18.37±7.45ab	0±0a	0±0a	6.13±4.25b	0±0b
ASPERGILLUS NIGER (Hongo de almacén)	0±0a	10.21±5.14a	0±0a	2.04±2.09b	4.08±2.63a	0±0a
ASPERGILLUS GLAUCUS (Hongo de almacén)	0±0a	2.04±2.04a	2.04±3.04a	0±0a	0±0a	0±0a
CONTENIDO DE HUMEDAD	9%	8.26%	8.52%	8.81%	8.63%	8.68%
	INICIAL	FINAL	FINAL	FINAL	FINAL	FINAL

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar

Las letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$)

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificada cerrada a condiciones normales)

PCSV (bolsa de polietileno modificada cerrada al vacío)

2150N (bolsa de polietileno modificada cerrada a condiciones normales)

2150V (bolsa de polietileno modificada cerrada al vacío)

Como se puede observar en la tabla 11 algunos hongos que se encontraron en la muestra inicial después de los 104 días de almacenamiento ya no se presentaban al final de este tiempo dentro de los envases.

Se detectó que para el envase PBD como se observa en la figura 16 después de los 104 días de almacenamiento es el envase que menos logra evitar el desarrollo de hongos encontrándose presentes aun hongos de campo como *Fusarium* spp y hongos que se desarrollaron durante el almacenamiento como *Penicillium* en mayor proporción y también *Aspergillus niger* y *Aspergillus glaucus*, siendo por lo tanto este el envase menos confiable para almacenar frijol.

Para el envase PCSN sellado a condiciones normales (no al vacío) solo presento *Fusarium* spp y *Aspergillus glaucus* en bajos porcentajes al final del periodo de almacenamiento logrando conservar el frijol en buen estado y de alguna manera logrando inhibir el desarrollo de estos hongos, para este mismo envase pero cerrado al vacío PCSV solo se logro desarrollar durante el periodo de almacenamiento un hongo el *Aspergillus niger* en un porcentaje bajo inhibiéndolo dentro del envase por las características del envase y las condiciones de cerrado, siendo este envase una buena propuesta para almacenar el frijol.

Para el envase 2150N sellado a condiciones normales (no al vacío) solo presento *Penicillium* spp y *Aspergillus niger* en bajos porcentajes al final del periodo de almacenamiento logrando conservar el frijol en buen estado y de alguna manera logrando inhibir el desarrollo de estos hongos, aunque el porcentaje del hongo *Penicillium* al final del periodo de almacenamiento nos indica que iba en ascenso de cierta manera peligrosamente lo cual indica que no seria recomendable almacenar en este tipo de envase el frijol por mas de 104 días.

Para este mismo envase pero cerrado al vacío 2150V no se desarrollo ningún hongo solo se logro disminuir el porcentaje del hongo *Alternaria* spp que ya se encontraba al inicio en la muestra original con un porcentaje de 14.3 % a un 4 % manteniéndolo durante el periodo de almacenamiento de 104 días inhibido dentro del envase por las características de este y las condiciones de cerrado, siendo este envase la mejor propuesta para almacenar el frijol en cuanto a este parámetro de calidad como lo es la micobiota presente en el grano de frijol a conservar.

4.6 EFECTO DEL TIPO DE ENVASE SOBRE LA GERMINACION DEL FRIJOL VARIEDAD PERUANO DURANTE SU ALMACENAMIENTO.

Esta determinación se realizó al inicio y al final del experimento con el fin de observar que tanto influían los tres tipos de envases utilizados, así como el tipo de cerrado que se le dio a cada uno. Otro aspecto que se observó fue la influencia de los insectos en la germinación de las semillas durante el almacenamiento.

Como se observa en la tabla 12 a los cero días de almacenamiento, el grano de frijol presentó un alto porcentaje de germinación de 91.3 % de semilla normal; después de 104 días de almacenamiento, en el envase de polietileno usado comercialmente para envasar el

fríjol (PBD) se obtuvo el resultado más bajo como posiblemente se esperaba con 58.67 % de germinación esto se atribuye a las características del envase y la actividad de los insectos que tienen una influencia negativa sobre la conservación de la semilla durante el almacenamiento, además de que este envase es mas permeable que las propuestas de envase ya que estos son envases reforzados.

En cambio los envases que presentaron mejores resultados en cuanto a conservar esta característica de la semilla durante este periodo de almacenamiento fueron los envases PCSN (87.33 %) y 2150V (87.33 %) siendo en primer lugar estos 2 envases los mejores para mantener una buena germinación de las semillas y en segundo lugar tenemos al envase 2150N (86.2 %) y por ultimo al PCSV (82.66 %).

Los envases propuestos como se observa tienen amplia ventaja sobre el envase comercial para preservar esta característica de la semilla, ya que a pesar de estar bajo las mismas condiciones de almacenamiento debido a las características de estos no permiten que se modifique de manera tan drástica como el envase comercial (PBD).

TABLA 12. Porcentaje de germinación del frijol a los 104 días de almacenamiento, en los diferentes tratamientos.

		GERMINACION			
		%	%	%	%
		SEMILLA	SEMILLA	SEMILLA	SEMILLA
ALMACENAMIENTO		NORMAL (SN)	ANORMAL (SA)	MUERTA (SM)	DURA (SD)
(DIAS)	MUESTRA				
0	INICIAL	91.3±2.31 a	9.33±1.15 ab	0±0 b	0±0 a
104	PBD	58.67±9.45 b	26.66±9.10 a	13.33±2.31 a	0±0 a
104	PCSN	87.33±4.16 a	8.67±3.05 b	1.33±1.15 b	1.33±2.31a
104	PCSV	82.66±3.05 a	14.67±1.15 b	4.67±4.16 b	0±0 a
104	2150N	86±2 a	12±0 b	1.33±1.16 b	0±0 a
104	2150V	87.33±5.03 a	10±3.46 b	1.33±1.16 b	0±0 a

Los valores presentados son la media de tres replicas ± desviación estándar
 Las letras diferentes en columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$)
 PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)
 PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)
 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

Comparando las medias en cuanto al porcentaje de las semillas normales no hay diferencia significativa, pero si presenta una diferencia significativa la muestra del envase PBD en relación con las demás muestras.

En la figura 18 se observa claramente como las semillas que se almacenaron en la bolsa de polietileno usada comercialmente para frijol (PBD), éste no conserva la calidad, ya que la germinación decae drásticamente con el consiguiente aumento de parámetros negativos de calidad, como son el porcentaje de semilla anormal y de semilla muerta, mientras que el porcentaje de semilla normal en comparación con los otros tratamientos disminuye de manera considerable.

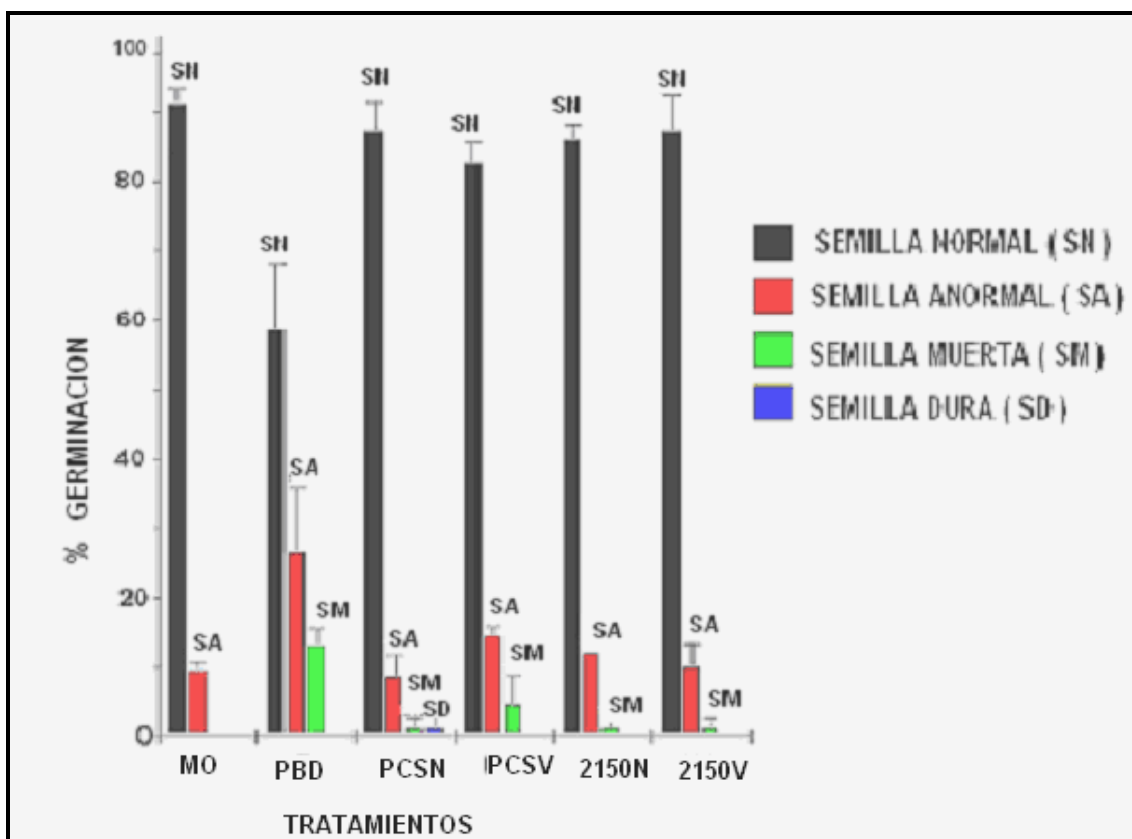


FIGURA 18. Comportamiento de la germinación en los frijoles almacenados en los tres diferentes tipos de bolsas de polietileno durante 104 días

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)
 PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)
 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

4.7 EFECTO DEL TIPO DE ENVASE SOBRE EL TIEMPO DE COCCION DEL FRIJOL DURANTE SU ALMACENAMIENTO.

Cuando el frijol se almacena en condiciones de humedad y temperatura altas, se induce el endurecimiento del grano, lo que provoca que el tiempo de cocción de la leguminosa sea mayor y la calidad del grano y semilla se deteriore. En este trabajo se expuso a los granos de frijol durante 104 días a un almacenaje con las siguientes condiciones de humedad relativa del 75% y una temperatura de 28 ° C.

Como se puede observar en la tabla 13 no existe diferencia significativa entre el tiempo de cocción en los diferentes envases (PBD, PCSN, PCSV, 2150N, y 2150V) ; sin embargo tomando el tiempo de cocción de la muestra inicial no sometida al almacenamiento si presenta diferencia significativa con los tratamientos.

Aunque dentro de este grupo de envases propuestos 2150V es el que presenta el menor tiempo de cocción de los frijoles es posible que se deba a que aparte de las características del envase y a que esta cerrado al vacío de alguna manera logro mantener inactiva la actividad metabólica del grano de frijol durante el periodo de almacenamiento, en comparación con la propuesta PCSV que también estaba cerrada al vacío pero que tiene características diferentes a 2150V, el envase PCSV presenta un mayor tiempo de cocción habiendo una diferencia de 9.5 minutos mas de tiempo.

Esto nos hace recordar que la calidad del producto conservado nunca será mejor a la calidad que se tenía al inicio, una buena película de polietileno conserva en buena condición el producto pero nunca mejorará su calidad original, particularmente la calidad de cocción por lo tanto los tiempos de cocción aumentaron en este periodo de almacenamiento.

TABLA 13. Tiempos de Cocción en granos de frijol variedad peruano, infestado con el insecto *Zabrotes subfasciatus*.

TRATAMIENTOS	TIEMPO DE COCCION (MINUTOS)
Muestra original sin tratamiento (MO)	37.13±1.7a
PBD	66.8±7.5b
PCSN	62.2±4.2b
PCSV	63.6±8.3b
2150N	59.1±1.8b
2150V	54.1±2.5b

Los valores presentados son la media de tres replicas \pm desviación estándar

Las letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$)

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)

PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)

2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

4.8 EVALUACIÓN DEL (AQP) ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS SEMILLAS DE FRIJOL VARIEDAD PERUANO

El Análisis químico proximal del frijol variedad peruano se determinó al inicio del experimento y al final de este para observar si la composición química se alteraba durante el periodo de almacenamiento por efecto del envase utilizado, las condiciones de temperatura y humedad relativa y otros factores como la infestación con el insecto *Zabrotes subfasciatus*.

Tabla 14. Composición química proximal (AQP) de los frijoles variedad peruano al inicio y al final del periodo de almacenamiento en los diferentes tratamientos.

COMPOSICION QIMICA						
DIAS	TRATAMIENTO	PROTEINA %	GRASA %	CHOS %	CENIZA %	HUMEDAD %
0	MUESTRA INICIAL	27.16+/-1.64ab	1.35+/-0.01 a	58.51+/-1.74 b	4.09+/-0.005 a	8.99+/-0.24 a
		27.21+/-0.96 ab	0.64+/-0.07 b	59.98+/-1.22 ab	3.9+/-0.06 b	9.01+/-1.05a
104	PBD	25.76+/-0.48 ab	0.72+/-0.08 b	61.04+/-0.49 ab	3.96+/-0.03 b	8.52+/-0.24 a
104	PCSN	26.24+/-0.08 ab	0.71+/-0.01 b	60.36+/-0.30 ab	3.9+/-0.07 b	8.81+/-0.4 a
104	PCSV	25.2+/-0.21 b	0.68+/-0 b	61.56+/-0.16 a	3.97+/-0.005 b	8.63+/-0.25 a
104	2150 N	27.78+/-0.48 a	0.73+/-0.04 b	58.82+/-0.57 b	4.02+/-0.03 ab	8.68+/-0.09 a
104	2150 V					

Los valores presentados son la media de tres replicas \pm desviación estándar
 Las letras diferentes columnas indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$)
 PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)
 PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)
 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

El frijól es una rica fuente de proteínas y carbohidratos además de ser una buena fuente de vitaminas del complejo B como lo son la niacina, riboflavina, el ácido fólico y la tiamina. Igualmente proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio, además presenta un alto contenido de fibra.

Es importante que estos nutrientes no se deterioren durante cualquier tipo de almacenamiento que se aplique, en este trabajo se estudio el efecto del envasado en tres diferentes tipos de bolsas, dos de polietileno modificado (PCSN Y 2150N) y una de polietileno de baja densidad (PBD), en la conservación de la calidad del frijol variedad peruano (*Phaseolus vulgaris* L.), infestado con el gorgojo *Zabrotes subfasciatus*)

Con respecto al contenido de proteína inicial y final determinado en cada uno de los envases utilizados tanto en condiciones de vacío (PCSV y 2150V) y atmósfera normal (PBD, PCSN y 2150N) se observó que las medias no fueron significativamente diferentes ($p \geq 0.05$) en la muestra inicial y los envases PBD, PCSN Y PCSV pero si existe una diferencia significativa en los envases 2150N y 2150V.

El contenido de proteína no vario mucho durante los 104 días de almacenamiento manteniéndose en un rango de 25.2 a 27.78 % esto de cierta manera es positivo para la conservación del grano de frijol en este tipo de envases, ya que la diferencia que se presenta durante los 104 días en general es de 2.6 %, tomando en cuenta que el frijol estaba infestado durante el almacenamiento esta variación no resulta alarmante.

En cuanto a los carbohidratos que es el nutriente que se encuentra en mayor proporción en el frijol, el almidón es el principal constituyente y tiene una gran importancia ya que representa una parte principal del consumo calórico total de los humanos y de la mayor parte de las formas de vida animal así como de muchos microorganismos. Por lo cual es importante que se conserve de la mejor manera posible.

Los resultados obtenidos en cuanto a este nutriente son positivos ya que el contenido de carbohidratos se mantiene en un rango de 58.51 a 61.56% durante el periodo de almacenamiento. La comparación de medias de carbohidratos para los envases PBD, PCSN y PCSV, no presentan diferencias significativas pero para los envases 2150N y 2150V si hay diferencias significativas.

En cuanto al contenido de grasa la comparación de medias para los envases PBD, PCSN, PCSV, 2150N y 2150V no se observan diferencias significativas en comparación con la muestra inicial. Para el contenido de cenizas los envases PBD, PCSN, PCSV y 2150N no presentan diferencias significativas pero el envase 2150V si en relación a los demás y para la comparación de medias de contenido de humedad no se observa diferencia significativa al final del periodo de almacenamiento.

De este comportamiento de los nutrientes se puede observar que los 5 envases son buenos para conservar los frijoles sin olvidar sus respectivas diferencias y calidades con que están elaborados, ya que los frijoles no presentan mucha alteración en su composición química en general durante los 104 días de almacenamiento, siempre y cuando el envase este en buenas condiciones iniciales y no sea dañado físicamente por medios externos o internos como podrían ser los mismos insectos que acompañan al frijol al ser envasado.

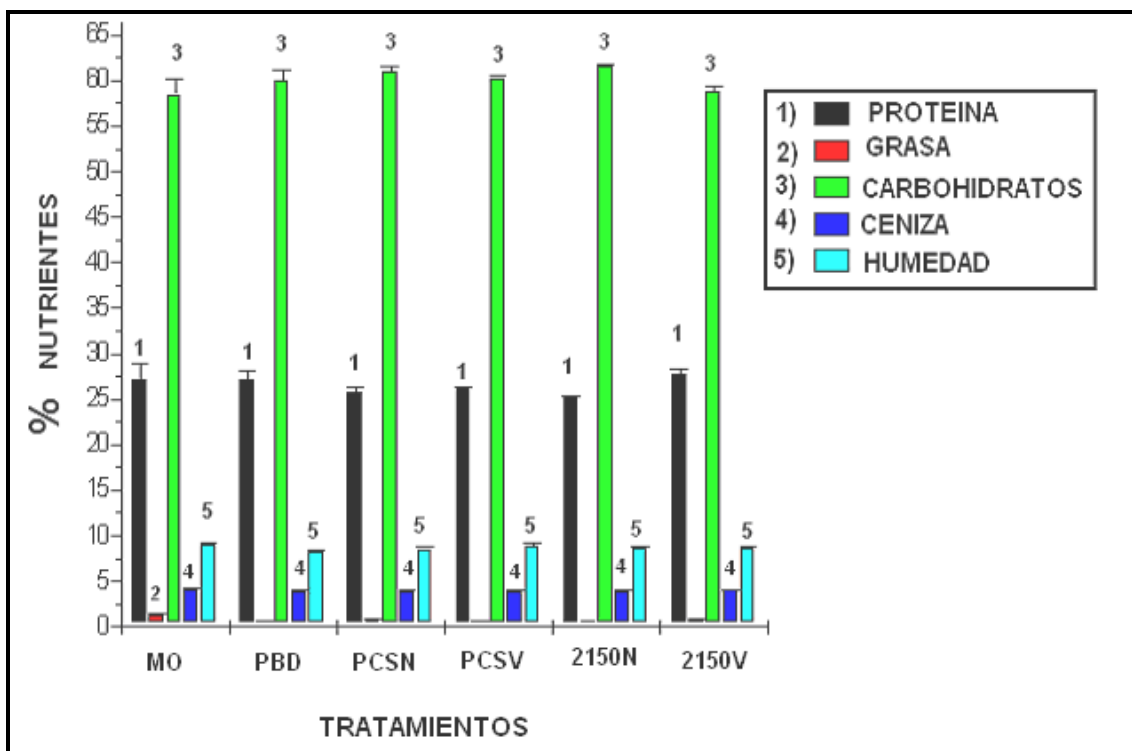


Figura 19. Análisis químico proximal (AQP) de los frijoles variedad peruano, durante el almacenamiento en los tres diferentes tratamientos.

PBD (bolsa de polietileno de baja densidad)
 PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 PCSV (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)
 2150N (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales)
 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir que:

- De acuerdo a los resultados de contenido de oxígeno y bióxido de carbono los envases PCSV y 2150V cerrados al vacío son los que presentan un excelente sistema de almacenamiento tipo hermético y en segundo lugar están los envases PCSN y 2150N cerrados a condiciones normales sobre todo el envase PCSN que es el que presenta un almacenamiento mas parecido a uno hermético durante el periodo de almacenamiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de los diferentes envases probados, se obtuvo que el envase PBD (polietileno de baja densidad) es el menos recomendado para provocar la inhibición del desarrollo de insectos, por consecuente no evita el daño provocado por estos. Resultando los envases PCSN y 2150N (cerrados a condiciones normales) los que evitan la emergencia de insectos y por lo tanto el numero de grano dañado de mejor manera.
- En cuanto a los nutrientes de los granos de frijol almacenados por 104 días en los 5 envases no presentaron grandes diferencias en cuanto a composición química pero físicamente si por el daño ocasionado por insectos.
- En cuanto al tiempo de cocción no existió diferencia significativa entre los tratamientos indicando que los 5 envases no tienen gran influencia sobre este parámetro almacenados bajo las mismas condiciones de temperatura $28^{\circ} \text{C} \pm 2$ y humedad relativa de 75 %.
- El porcentaje de germinación se vio afectado por el tipo de envase, siendo el envase PBD (bolsa de polietileno de baja densidad) el que tuvo el porcentaje mas bajo de semilla normal al final del periodo de almacenamiento y los envases que mantuvieron de manera mas optima este porcentaje fueron el envase PCSN (bolsa de polietileno modificado cerrada a condiciones normales) y 2150V (bolsa de polietileno modificado cerrada al vacío)

-
- Los mejores envases para conservar la calidad del frijol son los envases PCSV y 2150V cerrados al vacío pero esto no sería muy viable ya que representaría un costo adicional a la industria o comerciantes y por lo tanto al precio final de los granos de frijol para el consumidor, se tendría que buscar alguna manera de abaratar ese costo adicional y realizar un estudio de costo-beneficio.
 - Por lo tanto tenemos que el envase PCSN (no cerrado al vacío) presentó buenos resultados en cuanto a los parámetros evaluados, siendo esta la mejor propuesta para almacenar e inhibir el ataque de los insectos, durante un periodo de 104 días de almacenamiento bajo estas condiciones de temperatura $28^{\circ} \text{C} \pm 2$ y humedad relativa de 75 %.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1) Abate T. y J. K. O. Ampofo. (1996). Insect pests of beans in Africa : Their Ecology and Management. Ann. Rev. of Entomol. 41: 45-73
- 2) Adeuke, J. (1981). "Handbook of Legumes of Word Economic Important". Pledum Press. USA pp 13-20
- 3) Albert, Lilia América. Salud humana y plaguicidas (1984). Presente y Futuro. En Sanidad, vol. 38. México pp 113-117.
- 4) Antunes, P.L., Sgarbieri, V. (1980). "Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (phaseolus vulgaris)". Journal of Food Science 44: 1703-1706.
- 5) AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 13ª Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, EE.UU.
- 6) Arias, V. Ciro y Dell'Orto, T. Horacio (1983). Distribución e importancia de insectos que dañan granos y productos almacenados. Proyecto FAO-INIA PFL/CHI/001. Santiago, Chile. p 67
- 7) Bailey, S.W y J. Banks (1980). A review of recent studies of controlled atmospheres on stored products pest. In: Controlled atmospheres storage of grain (Ed. J. Shejbal). Elseiver, Amsterdam. 101-118 pp.
- 8) Barcelo J., G. Nicolas, B. Sabater Y R. Sánchez (1983). Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid pp 25-33
- 9) Bartosik, R.E. y Rodríguez J.C. (1999). Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 12.5% de humedad en bolsas plásticas (Sistema silobag). Informe INTA-IPESA. Proyecto Regional de Producción Agrícola Sustentable.

- 10) Bautista R. J. E (1998). Tasas de supervivencia y reproducción de *Zabrotes subfasciatus* Boheman en diferentes variedades de frijol. Tesis de licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 63 p
- 11) Bhadriraju S. y White. D (1996). Integrated Management of Insects in Stored Products. University of Minnesota St. Paul and US. Department of Agricultura Manhattan, Kansas. p. 12
- 12) Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta (2004). 1993-2003 Microsoft Corporación. Reservados todos los derechos.
- 13) Bogliaccini, A. (2001). Almacenamiento hermético. Revista Granos, Año VI-NºXXVII – junio.
- 14) Bourges, R. H. (1987). Las leguminosas en la alimentación. II Parte. Publicación del Instituto Nacional de la Nutrición, CONASUPO y sus Empresas Industriales. Cuadernos de Nutrición. 10: 22-30.
- 15) Calderon, M. Navarro, S. (1980). Synergistic effects of CO₂ and O₂ mixtures on stored grain insect pest. In: Shejbal, J. controlled Atmospheres storage of grains. Elsevier, Amsterdam pp. 79-84
- 16) Campos A. J. (1997). Enfermedades del frijol. Editorial Trillas. México. Pp 11-61.
- 17) Castaño Z. y Zepeda J. (1987). Microorganismos asociados con granos almacenados de arroz, maíz, frijol, soja y chile y efectividad del tratamiento químico de la semilla. CEIBA 28: 59-65.
- 18) Christensen C. M. (1976). Contaminación por hongos en granos almacenados. Ed. Pax-México. México. Pp 15-55.
- 19) Christensen C.M y Kaufmann H.H (1969) Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press, Minneapolis p 20

- 20) CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1979). Principales insectos que atacan al grano de frijol almacenado y control. Guía de estudio. Serie 04-5B-05.03. Cali, Colombia. 32 p.
- 21) CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1986). Insectos de frijol almacenado. Cali, Colombia. s/p
- 22) Coronado, R. y Márquez, A. (1972). Introducción a la entomología. Editorial Limusa-Wiley.
- 23) Dell Orto T.H. (1985) Insectos que dañan granos y productos almacenados. Instituto de investigaciones agropecuarias, INIA. Santiago de Chile pp:3-46
- 24) Donald J. Burror, Dwight M. DeLong y Charles A. Triplehorn (1976) An introduction to the Study of Insects. 4^a ed. By Holt, Rinehart and Winston pp. 2-10
- 25) FAO. Programa de Acción de la FAO para la prevención de las pérdidas de alimentos: (1978) directrices y procedimientos. Publicación W. L2783. Roma
- 26) García P.M.A. (2004). Efecto del almacenamiento hermético del grano de frijol, sobre el desarrollo de los gorgojos *Zabrotes subfasciatus* Boh. Y *Acanthoscelides obtectus* Say. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. Tesis: Ingeniero Agrícola. UNAM. México. 107p.
- 27) Gonzalez, R.H.; Arretz, P. y Campos, I, (1973). Catálogo de Plagas Agrícolas de Chile. Revista Ciencias Agrícolas N ° 2. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 69 pp
- 28) Greig D. J. y Reeves M. (1985). El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma Italia: 45-51

- 29) Harein P. K. and Davis R. (1992). Control of storage-grain insects. In Storage of Cereals and their products (edited by D. B. Sauer) 4^a ed. American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, MN pp 491-534
- 30) Herrera C. J. A. (1970). Los hongos en los granos almacenados. ANSA (Almacenes Nacionales de Depósito). Departamento de servicios laboratorio central. Folleto técnico No. 9 Junio.
- 31) Jamieson Michael y Jobber Meter (1974). Manejo de los alimentos Vol. 2 Técnicas de conservación. Tropical Stored Products Centre Ministry of Overseas Development Slough Inglaterra. Editorial Pax-México de acuerdo con el programa mundial de alimentos. Pp 33-56
- 32) Kramer J.K y S. Muthukrishnan. (1997). Insect chitinases: Molecular biology and potencial use as biopesticides. Insect Biochem. Molec. Biol. 27(11):887-900
- 33) Loya R. J. G. (1977). Efecto de los rayos gamma sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh.(Coleóptera: Bruchidae) y algunas observaciones sobre su comportamiento biológico. Tesis de Maestría en Ciencias. Esc. Nal Agric. Coleg. De post. Chapingo México.
- 34) Moreno M., E., (1988). Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Autónoma de México. México. p. 9-33
- 35) Moreno M. E. (1996) Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. Tercera edición. México D.F. 393 pp.
- 36) Nchimbi M.S. y R. Misangu. (2002) Seasonal distribution of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Bruchid species in selected areas in Tanzania. Bean Seed Workshop Arusha, Tanzania. January 12-14.
- 37) Nieto Nafria, J.M. y Mier Durante, M.P. Tratado de entomología. (1985). Ediciones Omega. Barcelona. Pp 22-35

- 38) Orozco, M., E. Garcés, Carrillo, N. y E. Barrera. (1990). Morfología y Fisiología Vegetal. Texto de actualización. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología. Bogotá, D.C.
- 39) Oxley, T.A. and Wickenden, G. (1963). The effect of restricted air supply on some insects which infest grain. *Annals of Applied Biology*, 51, 313-324.
- 40) Pachón R. C. E. y J. Castaño Z. (1999). Identificación de hongos en semillas almacenadas de maíz y frijol. *Fitopatología*: 23.enero
- 41) Rehman, Z., A. M. Salariya, and S. I. Zafar. (2001). Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem.* 73: 351-355.
- 42) Rentería G. T.R y Borboa F. (1994). Estudio sobre la presencia y distribución de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y *Acanthoscelides obtectus* (Say) en precosecha de frijol en el estado de Sonora. Departamento de investigación y postgrado en alimentos de la universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora. En: Memorias de la III reunión nacional de la problemática de poscosecha de granos y semillas. Pp:1-9.
- 43) Reyes-Moreno, C., and O. Paredes-López.(1993). Hard-to-cook phenomenon in common beans- A review. *Critical Review of Food Science and Nutrition.* 33: 227-286.
- 44) Richards O.W y R.G. Davies, (1983) Tratado de entomología Imms, vol. 1 Estructura, Fisiología y Desarrollo. Ediciones Omega Barcelona, pp 7-11
- 45) SAGAR. Centro de Estadística Agropecuaria. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1990 – 1999 Anuario Estadístico de Producción y Comercialización del Frijol 1995; México 1995 Reglas de Operación de la Alianza para el Campo 2000.
- 46) SAGARPA. Sistema de información agropecuaria de consulta, 1980-2001. (SIACOM). México, D.F.,2002

- 47) Salazar H. M. (2003). El frijol, fuente de proteínas y fibra. Leguminosa básica. Unidad de investigación de granos y Semillas de la FESC.
- 48) Salunkhe, D.K. , Kadam, S.S., Chavan, J.K. Postharvest (1985). Biotechnology of Food Legumes. CRC Press., pp 160
- 49) Sánchez Rodríguez Agustín, Baldemar Domínguez Ruiz y Vera Graciano Jorge (Abril-Junio 1997). Resistencia de tres líneas de frijol al ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). Colegio de Postgraduados, Agrociencia Vol. 31 Numero 2, pp 33
- 50) Sathe, S. R., P. D. Rangnekar, S. S. Deshpande, and D. K. Salunkhe. (1982). Isolation and partial characterization of black gram (*Phaseolus mungo* L.) starch. J. Food Sci. 47: 1524-1538.
- 51) Saucedo L.R. (1993). Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones del gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Bruquidae) procedentes de Celaya Gto. y Zacatepec , Mor. Facultad de estudios superiores Cuautitlan. Tesis: Ingeniero Agrícola. UNAM. México. 83 p
- 52) Sauer D. B. , Meronuck R. A. and Christensen C. M. (1992). Microflora. In storage of cereal grains and their products. (edited by D. B. Sauer) 4^a ed. American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, MN pp 313-340
- 53) Schnaider, K. (1991) El problema de las pérdidas poscosecha de granos en América Latina y el Caribe. Seminario internacional sobre micotoxinas. Santafe de Bogota, D.C., Colombia, pp 47-53.
- 54) Sharp D. (1985) Biología Centrali-Americana. Insecta. Coleoptera. Vol. V. Bruchides. pp.437-504
- 55) Sifuentes, J.A. (1979). Pérdidas causadas por insectos en los granos almacenados. Panagfa Vol. 7 No. 68: 44-45

- 56) Sifuentes , J.A. , (1981) Plagas de frijol en México. INIA-SARH. Folleto Técnico Núm. 69, México
- 57) Smith, Ray F. (1967). Los principios de medida de pérdidas de la cosecha causados por insectos. FAO Simp. en las Pérdidas de la Cosecha. Roma. 205-224.
- 58) Strickland, A. H. Y R. Bardner. (1967). Una revisión de los métodos actuales aplicables a medir las pérdidas de la cosecha debido a los insectos. FAO Simp. en las Pérdidas de la Cosecha. Roma. 289-309.
- 59) Torralba, A. (1995). Introducción a la Entomología (I). Boletín Asociación Naturalista Altoaragonesa Onso nº 12.
- 60) Varriano-Marston, E., Jackson, T. (1981). Hard to cook phenomenon in beans: structural changes during storage and inhibition. Journal of Food Science. 46:1379-1385.
- 61) Walker, P.T. (1983). Las pérdidas de la cosecha: la necesidad de cuantificar los efectos de plagas, enfermedades y malezas en la producción agrícola: una revisión. Ecosistemas Agrícolas. Environ. 9: 119-158.

PAGINAS ELECTRONICAS

- 62) <http://www.conacyt.mx/dadcytr/catalogo/gorgojo-insecto.html>
- 63) <http://www.oci.unam.mx/boletin/bfrijol.htm>
- 64) <http://www.infoagro.com/hortalizas/judia.htm#10.%20VALOR%20NUTRICIONAL>
- 65) <http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CFrijolGeneralidades.html>
- 66) <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap02/020412.htm>
- 67) www.gro.itesm.mx/agronomia2/granos_y_forrajes/frijol_morfologia.htm.mayo2005.

- 68) <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/DOCUMENTOS%20DE%20IN TERES/ND-34.htm>
- 69) http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/guia_frijol.htm#sistemas
- 70) http://www.cosude.org.ni/gestcon/Postcosecha/01-cap_tec/publicaciones/04-ins/
- 71) <http://www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/glosario/glosario.htm>
- 72) http://www.inta.gob.ni/informacion_postcosecha/capacitaciones_tecnicas/publicaciones/insectos/main.htm
- 73) http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/agricultura/forraje_past/AG_000005fp.htm
- 74) <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/DOCUMENTOS%20DE%20IN TERES/ND-34.htm>
- 75) http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/guia_frijol.htm#sistemas
- 76) http://es.wikipedia.org/wiki/Bolsa_de_pl%C3%A1stico
- 77) <http://www.productosplasticos.com/ambiente/enciclopedia.asp?qry=p>
- 78) http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/agricultura/forraje_past/AG_000005fp.htm
- 79) <http://www.agriculturadeprecision.org/siembCoseAlma/EmbolsandoGranosSecos.htm>
- 80) <http://www.mejoravegetal.criba.edu.ar/Calidad/silo%20bolsa2.htm>
- 81) <http://www.envasesprogreso.cl/tecnologia.htm>
- 82) http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/21/colecta.html?id_pub=21
- 83) <http://www.obesidad.net/spanish2002/default.htm>
- 84) http://www.cosude.org.ni/gestcon/Postcosecha/01-cap_tec/publicaciones/01-est-cer-leg/main.htm